



TUGAS AKHIR – RC184803

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2
THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN
DUAL SYSTEM SESUAI ACI 318M-14**

VINSON INTAR ZAKARIA
NRP. 03111540000057

Dosen Pembimbing
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR (RC184803)

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2
THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN
DUAL SYSTEM SESUAI ACI 318M-14**

VINSON INTAR ZAKARIA
NRP. 03111540000057

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavo, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”



FINAL PROJECT (RC184803)

**MODIFICATION DESIGN OF TOWER 2 THE ARUNDAYA
SURABAYA APARTMENT BUILDING USING PRECAST
CONCRETE METHOD AND DUAL SYSTEM AS STATED
IN ACI 318M-14**

VINSON INTAR ZAKARIA
NRP. 03111540000057

Academic Supervisor I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Academic Supervisor II
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering, Environment and Potential
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

**DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2
THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN
DUAL SYSTEM SESUAI ACI 318M-14**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

VINSON INTAR ZAKARIA
NRP. 03111540000057

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. 
2. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. 

**SURABAYA
JANUARI 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN DUAL SYSTEM SESUAI ACI 318M-14

Nama Mahasiswa : Vinson Intar Zakaria
NRP : 03111540000057
Departemen : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk yang pesat di kota Surabaya turut mendorong kebutuhan lahan untuk tempat tinggal. Akan tetapi, dengan lahan yang semakin terbatas berdampak pada sulitnya para pengembang properti untuk menyediakan tempat tinggal yang layak huni. Konsep hunian vertikal merupakan solusi yang paling tepat untuk mengatasi permasalahan keterbatasan lahan dan kebutuhan rumah untuk tempat tinggal. Salah satu pengembang properti yang menggunakan konsep hunian vertikal adalah PT. Kopel Lahan Andalan (KOPELLAND) yang mendirikan apartemen The Arundaya Surabaya.

Dalam bidang teknik sipil, metode konstruksi gedung beton bertulang yang umum digunakan adalah beton konvensional (cast-in-situ) dan beton pracetak. Gedung Apartemen The Arundaya Surabaya terdiri atas 48 lantai dan 4 basement (1 semi basement dan 3 basement) yang pada kondisi sebenarnya dirancang dengan menggunakan metode beton konvensional (cast-in-situ). Metode konstruksi seperti ini akan membutuhkan waktu yang lama dalam pengerjaannya dan juga kualitas beton yang dihasilkan tidak menentu karena dipengaruhi oleh faktor cuaca dan kualitas sumber daya manusia. Maka dari itu, dalam tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi desain menjadi 12 lantai dan 1 basement. Elemen struktur bangunan, yaitu pelat, balok, dan kolom akan dimodifikasi juga dengan menggunakan metode beton

pracetak. Sistem bangunan yang dipakai adalah sistem ganda (dual system).

Bagian sambungan merupakan hal yang terpenting dalam suatu struktur beton pracetak. Kinerja sambungan sangat berhubungan dengan keadaan batas struktural, proses produksi, ereksi, dan pemeliharaan struktur itu sendiri. Desain sambungan yang tepat merupakan kunci utama untuk keberhasilan prefabrikasi. Penulis menggunakan produk dari Peikko Group dan NMB Splice Sleeve untuk sambungannya.

Untuk melakukan analisa struktur dan desain bangunan, penulis menggunakan ETABS 2016 sebagai program bantu. Tujuan dari tugas akhir ini adalah menghasilkan bangunan struktur beton bertulang yang tahan gempa dengan metode beton pracetak untuk mempercepat waktu konstruksi. Beberapa peraturan dan referensi dalam mendesain beton pracetak antara lain ACI 318M-14, ASCE/SEI 7-16, PPIUG 1983, SNI 1726:2012, dan PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete Sixth Edition.

Kata kunci: Beton Pracetak, Beton Bertulang, Sistem Ganda, Sambungan Pracetak, Sambungan Basah, Sambungan Mekanis, Splice Sleeve Connection, Rebar Couplers.

MODIFICATION DESIGN OF TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA APARTMENT BUILDING USING PRECAST CONCRETE METHOD AND DUAL SYSTEM AS STATED IN ACI 318M-14

Student Name : Vinson Intar Zakaria
Student ID : 03111540000057
Departement : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Academic Supervisor : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

ABSTRACT

Rapid population growth in Surabaya influences the demand for residential area. However, the limited availability of residential area makes property developers barely able to provide decent homes standard. Vertical living is such an obvious solution to the challenge of housing growing and limited availability of residential area. One of the property developers who has applied this solution is PT. Kopel Lahan Andalan (KOPELLAND) that is currently building The Arundaya Surabaya Apartment.

In civil engineering, the commonly used construction methods for reinforced concrete building are conventional (cast-in-situ) concrete and precast concrete. The Arundaya Surabaya apartment has 48 floors and 4 basements (1 semi basement and 3 basements) and it is built using conventional method (cast-in-situ). Building using this method not only takes a significant amount of time but also causes uncertainty in concrete strength due to some factors, such as weather and human resources. In this final project, The Arundaya Surabaya Apartment will be modified to only have 12 floors and 1 basement. The structural elements of the building, specifically slab, beam and column, are also modified using precast concrete method. The system used in this building is dual system.

Connections are among the most essential parts in precast structures. Their performance relates to the structural limit states,

as well as to manufacture, erection and maintenance of the structure itself. Proper design of connections is one major key to a successful prefabrication. The writer uses products from Peikko Group and NMB Splice Sleeve for the connections. The analysis of connections is based on ACI 318M-14.

In order to get the structural analysis and design of the building, the writer uses ETABS 2016 as the engineering software. The objective of this final project is to produce an earthquake resistant reinforced concrete building using precast concrete method to save construction time. Some codes and references for designing precast concrete are ACI 318M-14, ASCE/SEI 7-16, PPIUG 1983, SNI 1726:2012 and PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete Sixth Edition

Keywords: Precast Concrete, Reinforced Concrete, Dual System, Precast Connections, Wet Connections, Mechanical Connections, Splice Sleeve Connections, Rebar Couplers.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan sesuai waktu yang ditetapkan.

Tugas akhir ini berjudul “Desain Modifikasi Gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak dan *Dual System* Sesuai ACI 318M-14”. Dalam tugas akhir ini secara garis besar membahas tentang perencanaan elemen beton pracetak, yaitu pelat, balok, dan kolom serta sambungan yang digunakan dan elemen struktur lainnya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah memberikan banyak arahan serta bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S. selaku dosen pembimbing II tugas akhir yang telah memberikan banyak arahan serta bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Endah Wahyuni, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pengajar mata kuliah Teknik Penulisan Ilmiah yang telah memberikan banyak masukan serta koreksi dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T. selaku dosen wali yang selalu memberikan *support* dan arahan kepada penulis.
5. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T. Ph.D. selaku ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
6. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
7. Rekan-rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perkembangan positif bagi penulis.

Demikian tugas akhir ini penulis susun, semoga dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis, dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Umum	7
2.2 Beton Pracetak	7
2.3 Sistem Struktur Gedung	9
2.4 Konstruksi Tahan Gempa	11
2.5 Elemen Struktur Beton Pracetak	11
2.5.1 Pelat Pracetak	11
2.5.2 Balok Pracetak	13
2.5.3 Kolom Pracetak	15
2.6 Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	15
2.7 Sambungan Beton Pracetak	16
2.7.1 Sambungan Kering dengan Menggunakan Baut	17
2.7.2 Sambungan Kering dengan Menggunakan Las	17
2.7.3 Sambungan Basah dengan Cor di Tempat	18
2.8 Pengangkatan dan Metode Ereksi Beton Pracetak ...	19
2.8.1 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak	19

2.8.2 Metode Ereksi Beton Pracetak	21
2.9 <i>Basement</i>	22
2.9.1 <i>Sheet Pile Wall</i>	23
2.9.2 <i>Soldier Pile Wall</i>	24
2.9.3 <i>Contiguous Bored Pile Wall</i>	24
2.9.4 <i>Secant Pile Wall</i>	24
2.9.5 <i>Diaphragm Wall</i>	25
2.10 Pondasi	25
2.10.1 Pondasi Dangkal	25
2.10.2 Pondasi Dalam	27
BAB III METODOLOGI	29
3.1 Umum	29
3.2 Bagan Alir Perencanaan	29
3.3 Pengumpulan Data	31
3.3.1 Data Awal	31
3.3.2 Data Modifikasi	32
3.4 Studi Literatur	32
3.5 <i>Preliminary Design</i>	33
3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat	33
3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok	35
3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom	35
3.6 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur	36
3.6.1 Penggunaan Analisa Struktur	36
3.6.2 Perhitungan Gaya Dalam	36
3.6.3 Kontrol Permodelan Struktur	36
3.7 Pembebanan	39
3.7.1 Beban Statis	40
3.7.2 Beban Dinamis	41
3.7.3 Kombinasi Pembebanan	43
3.8 Perencanaan Struktur Sekunder	43
3.8.1 Perencanaan Balok Anak	43
3.8.2 Perencanaan Tangga	44
3.9 Perencanaan Struktur Primer	44
3.9.1 Penulangan Balok	44

3.9.2	Penulangan Kolom	49
3.9.3	Penulangan Dinding Geser	51
3.9.4	Penulangan Pelat	53
3.10	Perencanaan Sambungan	56
3.10.1	Sambungan <i>Base Plate</i> – Kolom / Kolom – Kolom	58
3.10.2	Sambungan Balok – Kolom	59
3.10.3	Sambungan Balok Induk – Balok Anak	61
3.10.4	Sambungan Balok – Pelat	61
3.11	Perencanaan <i>Basement</i>	62
3.12	Perencanaan Pondasi	63
3.12.1	Daya Dukung Tiang Pancang Vertikal	63
3.12.2	Perhitungan Jumlah Tiang Pancang	63
3.13	Gambar Teknik	64
BAB IV PEMBAHASAN		65
4.1	<i>Preliminary Design</i>	65
4.1.1	Perencanaan Dimensi Balok	65
4.1.2	Perencanaan Dimensi Pelat	67
4.1.3	Perencanaan Dimensi Kolom	69
4.1.4	Perencanaan Dimensi Dinding Geser	76
4.2	Pembebanan dan Analisa Struktur	77
4.2.1	Umum	77
4.2.2	Permodelan Struktur	77
4.2.3	Pembebanan Gravitasi	78
4.2.4	Pembebanan Gempa Dinamis	86
4.3	Struktur Sekunder	97
4.3.1	Umum	97
4.3.2	Perencanaan Tangga	98
4.3.3	Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap	109
4.3.4	Perencanaan Balok Anak	126
4.3.5	Gaya <i>Uplift</i> untuk Pelat <i>Basement</i>	145
4.4	Struktur Primer	146
4.4.1	Umum	146
4.4.2	Perencanaan Balok Induk	146
4.4.3	Perencanaan Kolom	179

4.4.4 Perencanaan <i>Shear Wall</i>	188
4.5 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak	194
4.5.1 Umum.....	194
4.5.2 Konsep Desain Sambungan.....	194
4.5.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak	195
4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom	201
4.5.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk	208
4.5.6 Perencanaan Sambungan Balok – Pelat	212
4.5.7 Perencanaan Sambungan Kolom – Kolom	213
4.6 Perencanaan Pondasi.....	215
4.6.1 Umum.....	215
4.6.2 Beban Struktur.....	215
4.6.3 Spesifikasi Tiang Pancang	216
4.6.4 Data Tanah	217
4.6.5 Daya Dukung Pondasi.....	217
4.6.6 Perencanaan Poer pada Kolom.....	227
4.6.7 Perencanaan Sloof.....	234
BAB V PENUTUP.....	237
5.1 Kesimpulan.....	237
5.2 Saran.....	239
DAFTAR PUSTAKA.....	241
LAMPIRAN.....	247

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Filosofi Bangunan Tahan Gempa	11
Gambar 2.2 <i>Hollow Core Slab</i>	12
Gambar 2.3 <i>Solid Flat Slab</i>	12
Gambar 2.4 Pelat Pracetak <i>Single Tee</i>	13
Gambar 2.5 Pelat Pracetak <i>Double Tees</i>	13
Gambar 2.6 <i>Rectangular Beam</i>	14
Gambar 2.7 <i>L-Shaped Beam</i>	14
Gambar 2.8 <i>Inverted Tee Beam</i>	14
Gambar 2.9 (a) <i>Single Storey</i> dan (b) <i>Multi Storey Column</i>	15
Gambar 2.10 Sambungan Menggunakan Baut.....	17
Gambar 2.11 Sambungan Menggunakan Las.....	18
Gambar 2.12 Sambungan Balok – Kolom dengan Cor di Tempat	18
Gambar 2.13 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak.....	19
Gambar 2.14 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak	20
Gambar 2.15 Pengangkatan Balok Pracetak	20
Gambar 2.16 Pengangkatan pada Elemen Kolom.....	21
Gambar 2.17 Metode Ereksi Arah Vertikal.....	22
Gambar 2.18 Metode Ereksi Arah Horizontal.....	22
Gambar 2.19 <i>Sheet Pile Wall</i>	23
Gambar 2.20 <i>Soldier Pile Wall</i>	24
Gambar 2.21 <i>Contiguous Bored Pile Wall</i>	24
Gambar 2.22 <i>Secant Pile Wall</i>	24
Gambar 2.23 <i>Diaphragm Wall</i>	25
Gambar 2.24 Pondasi Telapak.....	26
Gambar 2.25 Pondasi Rakit.....	26
Gambar 2.26 Pondasi Batu Kali	27
Gambar 2.27 Pondasi Sumuran	28
Gambar 2.28 Pondasi Tiang	28
Gambar 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	31
Gambar 3.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai	39
Gambar 3.3 Pengangkatan Balok Pracetak	48
Gambar 3.4 Bidang Momen Balok Pracetak Saat Pengangkatan	49

Gambar 3.5 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat).....	55
Gambar 3.6 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat).....	56
Gambar 3.7 Peikko Coupler	56
Gambar 3.8 NMB Splice Sleeve	57
Gambar 3.9 Sambungan Tipe 1	57
Gambar 3.10 Sambungan Tipe 2	58
Gambar 3.11 Pemasangan Sambungan Kolom	59
Gambar 3.12 Detail Penulangan Balok – Kolom	60
Gambar 3.13 Parameter Geometri Konsol Pendek.....	60
Gambar 3.14 Sambungan Balok Induk – Balok Anak	61
Gambar 3.15 Sambungan Balok – Pelat.....	62
Gambar 4.1 Denah Balok Rencana	67
Gambar 4.2 Denah Pelat Rencana	68
Gambar 4.3 Kolom Tinjau Desain Awal.....	70
Gambar 4.4 Permodelan Struktur pada ETABS.....	78
Gambar 4.5 Grafik Spektrum Respons Desain.....	88
Gambar 4.6 Denah Tangga.....	99
Gambar 4.7 Potongan A-A Tangga.....	99
Gambar 4.8 Beban pada Tangga	101
Gambar 4.9 Gaya Dalam Bidang N, D, dan M	103
Gambar 4.10 Pelat Lantai Tinjau	110
Gambar 4.11 Potongan Pelat S2 Setelah Komposit	111
Gambar 4.12 Potongan Pelat S2 Sebelum Komposit	114
Gambar 4.13 Potongan Pelat S2 Saat Pengangkatan.....	116
Gambar 4.14 Momen Saat Pengangkatan 4 Titik.....	117
Gambar 4.15 Jenka PSA Short Inserts	121
Gambar 4.16 Kait JL	121
Gambar 4.17 Denah Balok Anak	127
Gambar 4.18 Distribusi Beban Pelat pada Balok Anak	127
Gambar 4.19 Titik Angkat Balok Anak	139
Gambar 4.20 Jenka PSA Short Inserts	144
Gambar 4.21 Kait JL	144
Gambar 4.22 Denah Balok Induk.....	147
Gambar 4.23 Distribusi Beban pada Balok Induk.....	148
Gambar 4.24 Kombinasi Beban	148

Gambar 4.25 Titik Angkat Balok Induk.....	173
Gambar 4.26 Jenka PSA Short Inserts	178
Gambar 4.27 Kait JL	178
Gambar 4.28 Denah Kolom.....	179
Gambar 4.29 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen	182
Gambar 4.30 Jenka PSA Short Inserts	187
Gambar 4.31 Kait JL	188
Gambar 4.32 Lokasi <i>Shear Wall</i>	189
Gambar 4.33 Diagram Interaksi <i>Shear Wall</i>	193
Gambar 4.34 Detail Sambungan Balok – Kolom.....	195
Gambar 4.35 Detail Sambungan Kolom – Pondasi.....	195
Gambar 4.36 Detail Penulangan Konsol Pendek	196
Gambar 4.37 Ilustrasi Sambungan Kolom – Kolom	214
Gambar 4.38 Grafik Daya Dukung Tanah	220
Gambar 4.39 Tiang Pancang Grup 1	222
Gambar 4.40 Tiang Pancang Grup 2	223
Gambar 4.41 Tiang Pancang Grup 3	224
Gambar 4.42 Defleksi Akibat Gaya Lateral Tiang.....	224
Gambar 4.43 Pembebanan Poer Tipe 1	230
Gambar 4.44 Pembebanan Poer Tipe 1	232
Gambar 4.45 Diagram Interaksi P-M Sloof	235

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Beton Pracetak	7
Tabel 3.1 Tinggi Minimum Pelat Non Prategang Satu Arah	33
Tabel 3.2 Tinggi Minimum Balok.....	35
Tabel 3.3 Koefisien C_u	37
Tabel 3.4 Koefisien C_t dan x	37
Tabel 3.5 Simpangan Ijin Struktur	38
Tabel 3.6 Jenis dan Besar Beban Mati	40
Tabel 3.7 Jenis Beban dan Besar Beban Hidup.....	41
Tabel 3.8 Nilai β_1	44
Tabel 3.9 Angka Pengali Beban Statis Ekvivalen untuk Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis	49
Tabel 3.10 Penulangan Minimum untk Dinding Dalam Bidang $V_u \leq 0,5 \phi V_c$	52
Tabel 3.11 Nilai V_c untuk <i>Two-Way Shear</i>	64
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk	66
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak	67
Tabel 4.3 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap	69
Tabel 4.4 Beban yang diterima Kolom untuk Lt. 6 – Lt. 12	71
Tabel 4.5 Beban yang diterima Kolom untuk Lt. 1 – Lt. 5	73
Tabel 4.6 Rekapitulasi Pembebanan.....	80
Tabel 4.7 Hasil Pembebanan pada ETABS.....	85
Tabel 4.8 Kontrol Pembebanan Gravitasi	85
Tabel 4.9 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respons Spektrum	87
Tabel 4.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	88
Tabel 4.11 Koefisien Batas Atas Periode	89
Tabel 4.12 Periode Fundamental	90
Tabel 4.13 Berat Seismik Bangunan	91
Tabel 4.14 Gaya Geser Dinamik	92
Tabel 4.15 Rekapitulasi Gaya Geser Statik - Dinamik.....	92
Tabel 4.16 Gaya Geser Dinamik Setelah Faktor Skala	93
Tabel 4.17 Rekapitulasi Gaya Geser Statik - Dinamik Setelah Koreksi Faktor Skala.....	93

Tabel 4.18 Kontrol Sistem Ganda	93
Tabel 4.19 Total Partisipasi Massa.....	94
Tabel 4.20 Simpangan Antar Tingkat Ijin X.....	95
Tabel 4.21 Simpangan Antar Tingkat Ijin Y	95
Tabel 4.22 Kontrol Eksentrisitas Aktual	97
Tabel 4.23 Perhitungan Eksentrisitas Rencana Tiap Lantai	97
Tabel 4.24 Rekapitulasi Penulangan Tangga	108
Tabel 4.25 Rekapitulasi Tulangan Pelat	125
Tabel 4.26 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak.....	145
Tabel 4.27 Rekapitulasi Tulangan Pelat <i>Basement</i>	146
Tabel 4.28 Perhitungan M_{pr} Balok Induk	161
Tabel 4.29 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1)	178
Tabel 4.30 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2)	179
Tabel 4.31 Gaya Aksial dan Momen K1	180
Tabel 4.32 Rekapitulasi Tulangan Kolom.....	188
Tabel 4.33 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek.....	200
Tabel 4.34 Rekapitulasi <i>Single-Sided Connection</i>	205
Tabel 4.35 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (1).....	206
Tabel 4.36 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i> (2).....	207
Tabel 4.37 Rekapitulasi <i>Single-Sided Connection</i>	211
Tabel 4.38 Rekapitulasi <i>Double-Sided Connection</i>	211
Tabel 4.39 Beban pada Kolom.....	216
Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	219
Tabel 4.41 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 1	223
Tabel 4.42 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 2	223
Tabel 4.43 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 3	224
Tabel 4.44 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Terhadap Gaya Lateral	226
Tabel 4.45 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Terhadap Gaya Lateral	227
Tabel 4.46 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 3 Terhadap Gaya Lateral	227
Tabel 5.1 Dimensi Struktur Sekunder	237
Tabel 5.2 Dimensi Struktur Primer dan Pondasi	237

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kota Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia. Sebagai salah satu kota besar di Indonesia, pertumbuhan penduduk yang terjadi tergolong pesat. Berdasarkan data Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil kota Surabaya, jumlah penduduk kota Surabaya hingga akhir Agustus 2017 mencapai 3.057.766 jiwa. Sementara itu, angka laju pertumbuhan penduduk di kota Surabaya menunjukkan angka rata-rata sebesar 0,55% tiap tahunnya. Dengan jumlah penduduk yang terus bertambah secara konstan tiap tahunnya, maka kebutuhan akan tempat tinggal juga semakin meningkat.

Kebutuhan tanah untuk tempat tinggal penduduk di kota Surabaya semakin hari semakin meningkat. Padahal, ketersediaan lahan untuk dijadikan sebagai tempat tinggal sangat terbatas dan tidak dapat bertambah. Kota Surabaya sendiri memiliki luas wilayah kota sebesar 374,8 km² sehingga menjadikan kota ini memiliki kepadatan penduduk sebesar 8.158 jiwa tiap km². Keterbatasan lahan dan permintaan lahan yang tinggi dari masyarakat inilah yang mengakibatkan harga tanah terus meningkat dan di beberapa wilayah mengalami lonjakan harga yang cukup signifikan. Apabila hal ini dibiarkan terus berlanjut dan tidak dilakukan kontrol yang baik, maka dapat menciptakan suatu keadaan lingkungan dan tatanan kota yang kurang rapi sehingga tatanan kota menjadi kurang sedap untuk dipandang. Kurang rapinya tatanan kota ini sendiri ditimbulkan karena banyak *developer* properti yang memaksakan lahan yang semestinya digunakan sebagai area hijau kota melainkan malah dipaksakan untuk digunakan sebagai tempat tinggal.

Oleh karena itu, apartemen hadir memberikan solusi untuk permasalahan keterbatasan lahan yang mulai terjadi di kota Surabaya. Konsep dasar yang dimiliki apartemen ialah hunian vertikal. Hunian vertikal memiliki perbandingan jumlah penduduk

yang menempati suatu lahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hunian pada umumnya seperti perumahan. Dengan konsep hunian vertikal ini, kebutuhan lahan untuk tempat tinggal yang terus meningkat setiap tahunnya dan keterbatasan lahan tidak lagi menjadi masalah. Efektivitas yang tinggi dalam mengatasi permasalahan kebutuhan tempat tinggal seiring dengan keterbatasan lahan di kota Surabaya inilah yang membuat permintaan apartemen di kota Surabaya meningkat.

Seiring dengan meningkatnya permintaan apartemen, maka muncul pula tuntutan pekerjaan konstruksi apartemen yang cepat dan efisien. Kebutuhan akan bangunan bertingkat mendorong timbulnya kebutuhan akan suatu rancangan struktur yang ekonomis, dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan (Tjahjono dan Purnomo, 2004). Dalam penerapannya, metode konstruksi yang umum digunakan pada bangunan struktur beton bertulang ada dua, yaitu cor di tempat (beton konvensional) dan pracetak. Pada beton konvensional, elemen struktur dicor langsung di lokasi dimana elemen tersebut akan diletakkan. Sedangkan pada beton pracetak elemen struktur dicor dahulu dipabrik dan kemudian dirakit di lokasi proyek.

Sehubungan dengan hal tersebut, metode beton pracetak merupakan alternatif yang dinilai tepat untuk diterapkan karena memiliki beberapa keunggulan. Beberapa keunggulan dari beton pracetak antara lain ialah kecepatan dalam proses pelaksanaan pembangunan proyek sehingga durasi proyek secara keseluruhan menjadi lebih pendek, tidak memerlukan jumlah pekerja yang banyak karena beton telah dicetak dipabrik terlebih dahulu, kualitas beton yang dihasilkan tinggi dan sesuai dengan mutu rencana karena dalam pembuatannya tidak dipengaruhi oleh faktor cuaca, memiliki dampak positif terhadap *scheduling* proyek terutama kemudahan dalam pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pengerjaan, tercapainya tingkat fleksibilitas dalam proses perancangan, pekerjaan di lokasi proyek menjadi lebih sederhana, kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga

perencanaan kegiatan dapat lebih akurat, dan tidak membutuhkan tempat penyimpanan material terlalu luas (Ervianto, 2006). Selain itu, pekerjaan konstruksi dengan metode pracetak juga dapat meningkatkan efisiensi energi serta mendukung pelestarian lingkungan karena *waste material* yang dihasilkan dari metode pracetak lebih sedikit dibandingkan dengan metode beton konvensional atau yang biasa dikenal dengan beton cor di tempat (Adiasa, 2015).

Indonesia merupakan daerah rawan gempa bumi, begitu juga dengan kota Surabaya. Dalam Kategori Desain Seismik (KDS), kota Surabaya termasuk ke dalam kategori D. Oleh karena itu, dalam perencanaan metode beton pracetak ini akan digunakan perkuatan dinding geser (*shear wall*). Dinding geser (*shear wall*) merupakan dinding yang berfungsi sebagai pengaku yang meneruskan sampai ke pondasi dan juga merupakan dinding inti untuk memperkaku seluruh bangunan yang dirancang untuk menahan gaya geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan dalam metode beton pracetak adalah cara penyambungan. Sambungan merupakan elemen sangat penting dalam desain struktur bangunan tahan gempa. Keruntuhan bangunan akibat gempa ditentukan oleh kualitas sambungannya. Agar bangunan memiliki performa baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi syarat sambungan balok – kolom (Indrayana, 2013). Pada metode beton konvensional, sistem sambungan yang direncanakan ialah kuat dan kaku. Namun, secara natural pada metode beton pracetak sistem sambungan yang dihasilkan tidak akan sekaku dan setegar sistem sambungan pada beton konvensional. Oleh karena itu, masalah sambungan pada beton pracetak perlu perhatian khusus, terutama apartemen ini berada di kota Surabaya dengan Kategori Desain Seismik termasuk ke dalam kategori D.

Tugas akhir ini membahas tentang modifikasi pembangunan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dengan menggunakan metode beton pracetak dengan sistem bangunan *dual system* (Struktur Rangka Pemikul Momen

dan Sistem Dinding Struktural). Jenis sambungan yang dipakai dalam perencanaan gedung apartemen ini adalah sambungan mekanis dan mengacu pada peraturan ACI 318M-14.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan?
2. Bagaimana perhitungan pembebanan setelah perencanaan struktur?
3. Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur dengan menggunakan *software* ETABS 2016?
4. Bagaimana penulangan elemen struktur yang efektif dan efisien untuk menahan beban-beban yang bekerja?
5. Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen struktur pracetak?
6. Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil analisa perhitungan dan perencanaan?

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Perencanaan elemen struktur pracetak hanya pada kolom, balok, dan pelat (kecuali pelat *basement*, *pile cap*, dan *shear wall*).
2. Melakukan perencanaan pondasi dan *basement*.
3. Tidak menghitung dinding penahan tanah pada struktur *basement*.
4. Tidak melakukan analisa waktu dan biaya pelaksanaan konstruksi

5. Tidak merencanakan sistem utilitas bangunan, saluran pembuangan, saluran air bersih, jaringan listrik, dan *finishing*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan *preliminary design* struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil modifikasi.
2. Menghitung pembebanan setelah perencanaan struktur.
3. Melakukan analisa permodelan struktur dengan menggunakan *software* ETABS 2016.
4. Merencanakan penulangan elemen struktur yang efektif dan efisien untuk menahan beban-beban yang bekerja.
5. Merencanakan sambungan antar elemen struktur pracetak.
6. Membuat gambar teknik dari hasil analisa perhitungan dan perencanaan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Memahami perancangan pada struktur gedung bertingkat dengan metode pracetak.
2. Menjadi referensi bagi para pembaca tentang pembangunan dengan metode beton pracetak dalam semua komponen struktur serta sambungannya.
3. Menambah wawasan pengetahuan penulis tentang beton pracetak sehingga bermanfaat pada masa mendatang ketika memasuki dunia kerja.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada tinjauan pustaka ini akan dibahas berbagai dasar teori yang berkaitan dengan perencanaan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dengan sistem pracetak.

2.2 Beton Pracetak

Pada dasarnya, beton pracetak tidak jauh berbeda dengan beton konvensional atau yang biasa dikenal dengan beton cor di tempat (*cast in-situ*). Beton pracetak merupakan beton yang dibuat di pabrik atau di *ground floor* proyek yang kemudian di angkat untuk dipasang pada tempatnya (Wibowo, 2006). Dengan demikian, perbedaan utama antara beton pracetak dengan beton konvensional terletak pada pembuatan secara pabrikasi, penyatuan dan pemasangan, serta cara penyambungan antar komponen join (Abduh, 2007). Adapun juga kelebihan dan kelemahan dari penggunaan beton pracetak terhadap beton konvensional dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Beton Pracetak

Kelebihan	Kelemahan
Penyederhanaan pelaksanaan konstruksi di lokasi proyek	Tidak ekonomis bagi produksi tipe elemen yang jumlahnya sedikit
Waktu konstruksi yang lebih singkat	Perlu ketelitian yang tinggi agar tidak terjadi deviasi yang besar antara elemen yang satu dengan elemen yang lain sehingga tidak menyulitkan dalam pemasangan di lapangan

Mampu mereduksi biaya konstruksi karena waktu konstruksi yang lebih singkat	Panjang dan bentuk elemen pracetak yang terbatas sesuai dengan kapasitas alat angkut
Penggunaan material yang optimum serta mutu material yang dihasilkan baik karena dilaksanakan dengan standar-standar baku dan pengawasan dengan sistem komputer yang teliti dan ketat	Jarak maksimum transportasi yang ekonomis dengan menggunakan truk adalah antara 150 hingga 350 km, sedangkan untuk angkutan laut jarak maksimum yang ekonomis dapat mencapai lebih dari 1000 km
Lebih ekonomis karena penggunaan cetakan beton yang tidak banyak variasi dan bisa digunakan berulang-ulang	Hanya dapat dilaksanakan di daerah yang sudah tersedia peralatan untuk <i>handling dan erection</i>
Tidak dibutuhkan lahan proyek yang luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih, dan ramah lingkungan	Masalah sambungan merupakan persoalan utama yang dihadapi pada perencanaan beton pracetak sehingga harus benar-benar direncanakan secara detail
Produksinya hampir tidak terpengaruh oleh cuaca	Kerusakan yang mungkin timbul selama proses transportasi
Kebutuhan jumlah tenaga kerja dapat disesuaikan dengan kebutuhan produksi	Diperlukan tenaga kerja dengan keahlian tinggi untuk pengerjaannya

Sumber: Wahyudi dan Hanggoro, 2010

Menurut Wahyudi dan Hanggoro (2010), desain beton pracetak tidak jauh berbeda dengan beton konvensional, beban-beban yang diperhitungkan sama, faktor-faktor koefisien yang digunakan pun juga sama. Hanya saja, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- a. Desain pracetak memperhitungkan kondisi pengangkatan beton saat umur beton belum mencapai 24 jam. Apakah dengan kondisi beton yang sangat muda saat diangkat akan terjadi retak (*crack*) atau tidak. Di sini dibutuhkan analisa desain tersendiri, dan tentunya tidak pernah diperhitungkan saat menganalisa beton secara konvensional.
- b. Desain pracetak memperhitungkan metode pengangkatan, penyimpanan beton pracetak di *stockyard*, pengiriman beton pracetak, dan pemasangan beton pracetak di proyek. Kebanyakan beton pracetak dibuat di pabrik.
- c. Pada desain pracetak menambahkan desain sambungan. Desain sambungan di sini, didesain lebih kuat dari yang disambung.

2.3 Sistem Struktur Gedung

Tinggi atau rendahnya suatu bangunan berkaitan erat dengan masalah sistem pembebanan lateral. Semakin tinggi suatu bangunan, maka sistem pembebanan lateral yang berupa beban angin dan beban gempa akan semakin besar pula (Juwana, 2005). Semakin tinggi suatu bangunan, pentingnya aksi gaya lateral menjadi makin berarti. Pertimbangan kekakuan menentukan jenis rancangan. Derajat kekakuannya terutama bergantung pada jenis sistem struktur yang dipilih (Schueller, 1991).

Untuk itu dikenal beberapa sistem struktur, terutama dalam kaitannya dengan kemampuan suatu struktur untuk menahan beban lateral. Sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa dalam perencanaan gedung antara lain Sistem Dinding Struktural (SDS), Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), dan Sistem Ganda atau *Dual System* (Paulay dan Priestley, 1992).

SRPM adalah sistem rangka dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Sistem ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan risiko gempa yang rendah.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem ini memiliki tingkat daktilitas sedang dan digunakan di daerah dengan risiko gempa sedang.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem ini memiliki tingkat daktilitas tinggi atau daktilitas penuh dan harus digunakan pada daerah dengan tingkat risiko gempa yang tinggi.

SDS adalah dinding yang di proporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser dan momen gaya aksial yang ditimbulkan oleh gempa. *Shear wall* pada dasarnya merupakan dinding struktural. Dinding struktural dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

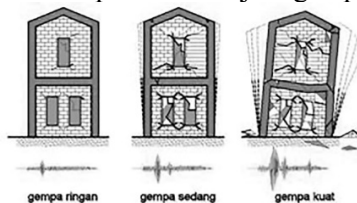
- Dinding struktural beton biasa (SDSB). Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dapat digunakan pada daerah risiko gempa rendah dan menengah.
- Dinding struktural beton Khusus (SDSK). Sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas penuh atau tinggi, digunakan pada daerah risiko gempa tinggi.

Dual System dapat diartikan sebagai kesatuan sistem struktur yang terdiri dari rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi dan pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka pengaku dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Sedangkan *shear wall* akan menerima paling banyak 75% dari beban lateral yang bekerja. Dengan besarnya beban lateral yang mampu diterima oleh *shear wall*, maka dimensi rangka utama dapat diperkecil sehingga perancangan struktur bisa lebih efisien dan ekonomis (Wulandari, 2006).

2.4 Konstruksi Tahan Gempa

Dalam perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa harus memenuhi filosofi bangunan tahan gempa. Filosofi bangunan tahan gempa adalah bangunan yang didesain apabila terjadi gempa bumi, bangunan harus tetap menjamin keamanan (keselamatan) dan kenyamanan penghuni, pengguna bangunan yang berada di dalamnya. Menurut Teruna (2007), bangunan tahan gempa filosofinya dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Bangunan tidak mengalami kerusakan pada elemen struktural maupun non-struktural saat terjadi gempa ringan.
- Bangunan boleh mengalami kerusakan yang dapat diperbaiki pada elemen non-struktural, sedangkan elemen struktural tidak boleh mengalami kerusakan pada saat terjadi gempa sedang.
- Bangunan boleh mengalami kerusakan pada elemen struktural dan non-struktural, tetapi bangunan tidak boleh runtuh pada saat terjadi gempa kuat.



Gambar 2.1 Filosofi Bangunan Tahan Gempa

Sumber: Teruna, 2007

2.5 Elemen Struktur Beton Pracetak

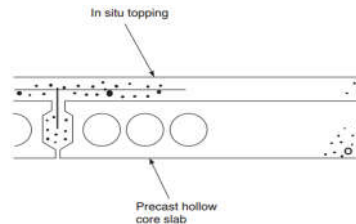
2.5.1 Pelat Pracetak

Pada elemen pelat pracetak, secara garis besar terdapat empat macam pelat pracetak yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

- Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa

lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi, ketahanan terhadap api sangat tinggi, dan dapat digunakan untuk bentang panjang dengan ketebalan relatif kecil. Kegunaan utamanya untuk pelat lantai atau pelat atap, namun dapat diaplikasikan juga sebagai panel dinding (Jose dan Kumar, 2014). Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 4 inci hingga 15 inci.



Gambar 2.2 *Hollow Core Slab*

Sumber: Elliott, 2002

b. *Solid Flat Slab*

Solid flat slab atau pelat pracetak tanpa lubang ini lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungannya adalah lebih mudah dalam proses penyimpanan karena tidak memakan banyak tempat. *Solid flat slab* bisa berupa pratekan atau beton bertulang pada umumnya dengan ketebalan dan lebar bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 kaki.



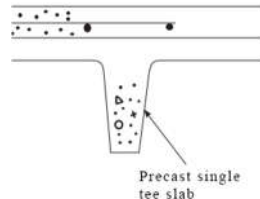
Gambar 2.3 *Solid Flat Slab*

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

c. Pelat Pracetak *Single Tee*

Single tee precast slab merupakan pelat modifikasi dari *solid flat slab* dimana pada pelat ini terdapat kaki vertikal yang membentuk profil 'T'.

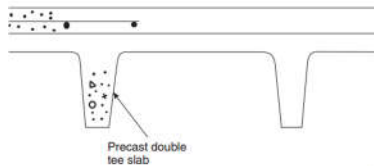
Kelebihan utama dari pelat *single tee* ialah dapat memikul beban yang lebih berat dibandingkan dengan *solid flat slab* pada bentang yang panjang (Hogan, 2013).



Gambar 2.4 Pelat Pracetak *Single Tee*
Sumber: Elliott, 2002

d. Pelat Pracetak *Double Tees*

Double tees precast slab merupakan pelat modifikasi dari *solid flat slab* dan perkembangan dari *single tee slab* dimana pada pelat ini terdapat dua kaki vertikal yang membentuk dua profil 'T'. Kelebihan utama dari pelat *double tees* ialah dapat memikul beban yang lebih berat dibandingkan dengan *single tee* pada bentang yang lebih panjang meskipun dengan ketebalan yang lebih besar (Hogan, 2013).



Gambar 2.5 Pelat Pracetak *Double Tees*
Sumber: Elliott, 2002

2.5.2 Balok Pracetak

Balok merupakan batang lentur horizontal yang membentang dari satu kolom ke kolom yang lain. Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Balok dapat diproduksi dengan berbagai bentang dan macam

bentuk penampang. Hal yang mempengaruhi penentuan bentuk penampang balok ialah sistem yang akan digunakan, misalnya sistem sambungan antara balok dengan pelat lantai, sistem sambungan antara balok dengan kolom (Ervianto, 2006). Untuk balok pracetak, ada tiga jenis balok yang umum digunakan, yaitu:

a. Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)

Menurut Sianturi (2012), balok dengan penampang persegi memiliki beberapa keuntungan, yaitu proses pelaksanaan pabrikasi yang lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis serta tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



Gambar 2.6 *Rectangular Beam*
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

b. Balok Berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2.7 *L-Shaped Beam*
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

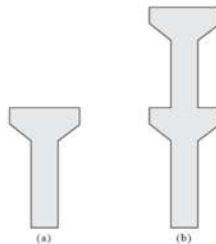
c. Balok Berpenampang T Terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2.8 *Inverted Tee Beam*
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

2.5.3 Kolom Pracetak

Kolom merupakan batang tekan vertikal dari rangka struktur yang mempunyai fungsi meneruskan beban dari lantai-lantai di atasnya. Oleh karena pada kolom didominasi gaya normal yang bekerja, maka secara teknis kolom juga dapat diproduksi secara pracetak. Jenis kolom yang dapat diproduksi secara pracetak didasarkan pada beberapa hal, yaitu ketinggian bangunan, metode ereksi yang akan digunakan serta kemampuan angkat dari alat bantu atau *tower crane*. Kolom pracetak dapat diproduksi tanpa menyambung atau dengan sambungan. Menurut Ervianto (2006), apabila suatu bangunan memiliki ketinggian dibawah 30 meter, maka penggunaan kolom menerus masih memungkinkan. Namun, untuk bangunan dengan ketinggian lebih dari 30 meter, sebaiknya digunakan kolom dengan sambungan. Dua jenis kolom pracetak yang paling umum digunakan ialah kolom *single storey* serta kolom *multi storey*.



Gambar 2.9 (a) *Single Storey* dan (b) *Multi Storey Column*
Sumber: Brosur Sarawak Consolidated Industries Berhad, 2017

2.6 Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser merupakan struktur kaku yang digunakan untuk menahan gaya geser, momen, dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Menurut Imran dan Hendrik (2014), dinding geser yang kaku pada bangunan dapat menyerap sebagian besar beban gempa. Ada beberapa tipe dinding geser, yaitu:

a. *Flexural Wall* (Dinding Langsing)

Dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \geq 2$, dimana desainnya dikontrol oleh perilaku lentur.

b. *Squat Wall* (Dinding Pendek)

Dinding geser yang memiliki rasio $h_w/l_w \leq 2$, dimana desainnya dikontrol oleh perilaku geser.

c. *Coupled Shear Wall* (Dinding Berangkai)

Momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai, sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Untuk bangunan dengan jumlah lantai lebih dari 10, dinding geser sangat efektif untuk digunakan karena dapat memperkecil dimensi dan jumlah tulangan yang diperlukan pada kolom. Dengan memperbesar dimensi dinding geser, maka akan membuat dinding geser dapat menerima gaya horizontal yang lebih besar dan penempatan yang tepat dapat mengurangi pergerakan struktur saat terjadi gempa bumi (Chandurkar dan Pajgade, 2013).

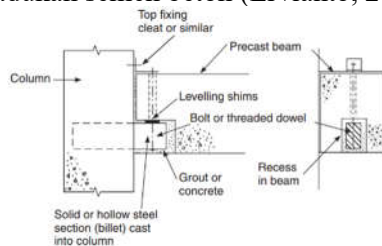
2.7 Sambungan Beton Pracetak

Elemen yang berperan sangat penting dalam desain konstruksi bangunan tahan gempa ialah sambungan. Keruntuhan bangunan akibat gempa terjadi pada sambungan yang relatif kurang kaku atau monolit sehingga lemah dalam menahan beban gempa. Agar bangunan memiliki performa yang baik saat menerima beban gempa, maka harus dipenuhi syarat sambungan balok kolom. Sambungan balok – kolom menempati fungsi yang sangat kritis, karena mekanisme respon struktur terhadap beban terjadi pada penyaluran gaya-gaya dari balok ke kolom-kolom bangunan (Indrayana, 2013).

Secara umum, ada dua jenis sambungan yang biasa digunakan dalam sistem beton pracetak, yaitu sambungan kering (*dry connection*) dan sambungan basah (*wet connection*) (Ervianto, 2006). Untuk sambungan kering dapat digunakan sambungan dengan baut maupun sambungan dengan las. Sementara untuk sambungan basah merupakan sambungan dengan cor langsung di tempat.

2.7.1 Sambungan Kering dengan Menggunakan Baut

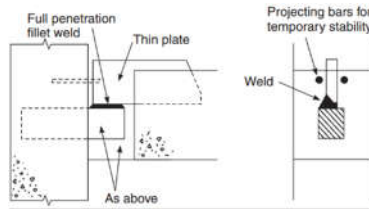
Metode penyambungan jenis ini dilakukan dengan memberikan pelat baja pada ujung-ujung kedua elemen beton pracetak yang akan disambung. Pelat baja tersebut ditanam masuk pada daerah tulangan dan dicor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Pelat baja dari kedua komponen tersebut disatukan menggunakan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Untuk menghindari terjadinya korosi pada pelat baja, setelah proses penyambungan selesai dilakukan maka pelat baja tersebut ditutup dengan adukan semen beton (Ervianto, 2006).



Gambar 2.10 Sambungan Menggunakan Baut
Sumber: Elliott, 2002

2.7.2 Sambungan Kering dengan Menggunakan Las

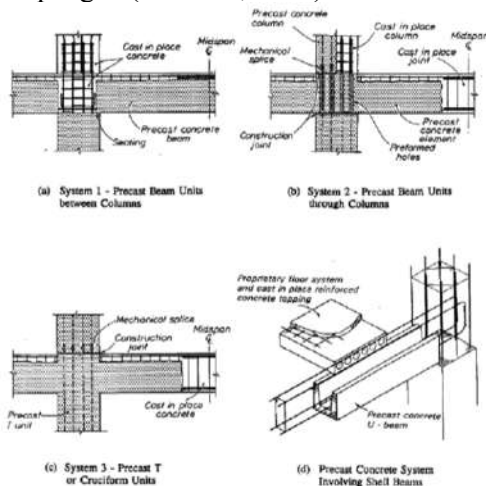
Alat sambung jenis ini menggunakan pelat baja (pelat sisip) yang ditanam masuk pada daerah tulangan dan ditempatkan pada ujung-ujung beton yang akan disatukan, kemudian di cor pada waktu pembuatan elemen pracetak. Fungsi dari pelat baja ini adalah untuk meneruskan gaya-gaya sehingga pelat baja ini harus benar-benar menyatu dengan material betonnya (Ervianto, 2006). Untuk menyatukan antar pelat sisip dari beton yang akan disambung digunakan pelat baja (pelat sambung) yang dilas ke pelat sisip. Setelah dilas, pelat disambung tersebut kemudian ditutup dengan menggunakan adukan beton. Hal ini dilakukan untuk melindungi pelat penyambung tersebut dari korosi yang membahayakan kekuatan sambungan.



Gambar 2.11 Sambungan Menggunakan Las
Sumber: Elliott, 2002

2.7.3 Sambungan Basah dengan Cor di Tempat

Metode penyambungan jenis ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung antar komponen beton pracetak. Komponen beton pracetak yang sudah berada di tempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan komponen satu dengan yang lain. Sambungan jenis ini lebih sering digunakan dalam pelaksanaan beton pracetak karena menghasilkan struktur yang lebih kaku jika dibanding dengan menggunakan sambungan jenis lain. Selain itu sambungan jenis ini lebih mudah untuk dikerjakan dilapangan (Ervianto, 2006).



Gambar 2.12 Sambungan Balok – Kolom dengan Cor di Tempat
Sumber: Prasetya, 2018

2.8 Pengangkatan dan Metode Ereksi Beton Pracetak

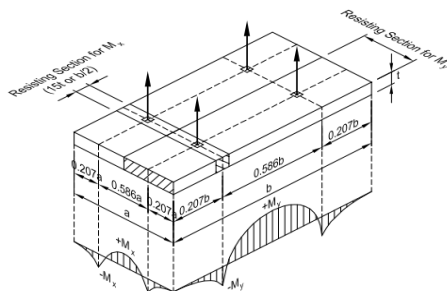
2.8.1 Pengangkatan Elemen Beton Pracetak

Proses pengangkatan beton pracetak merupakan hal yang tidak kalah penting untuk diperhatikan karena kesalahan sedikit dapat mengakibatkan keretakan pada beton itu sendiri. Titik pengangkatan harus ditinjau sedemikian rupa untuk menjaga keseimbangan gaya tegangan beton pada saat diangkat.

a. Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat (*spreader beam*) yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

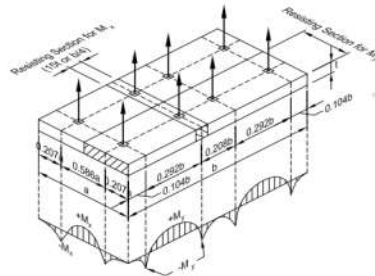
- Empat Titik Angkat



Gambar 2.13 Empat Titik Angkat pada Pelat Pracetak

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

- Delapan Titik Angkat



Gambar 2.14 Delapan Titik Angkat pada Pelat Pracetak

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

b. Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (*lifting anchor*) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

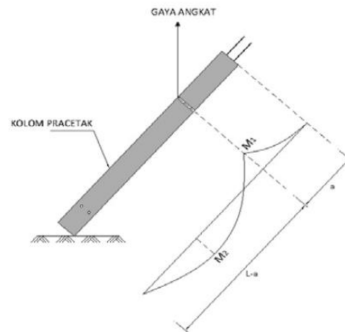


Gambar 2.15 Pengangkatan Balok Pracetak

Sumber: Brosur Beta Concrete Plant & Lifting Equipment, 2018

c. Pengangkatan Kolom Pracetak

Kondisi yang perlu diperhatikan saat proses pengangkatan kolom pracetak adalah saat kolom pracetak dalam posisi miring, karena hal ini dapat menyebabkan momen pada bentang kolom.



Gambar 2.16 Pengangkatan pada Elemen Kolom
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

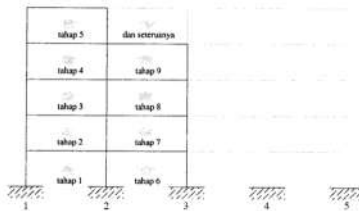
2.8.2 Metode Ereksi Beton Pracetak

Metode ereksi merupakan proses penyatuan komponen beton pracetak menjadi satu kesatuan bangunan yang utuh. Metode yang dapat digunakan dibedakan menjadi dua, yaitu metode vertikal dan metode horizontal (Ervianto, 2006).

a. Metode Vertikal

Ereksi dengan metode vertikal adalah kegiatan penyatuan komponen beton pracetak yang dilaksanakan pada arah vertikal struktur bangunan yang mempunyai kolom menerus dari lantai dasar hingga lantai paling atas, yang dengan cara demikian maka sambungan-sambungan pada lantai di atasnya harus dapat segera bekerja secara efisien. Contohnya ialah komponen beton pracetak yang berbentuk panel atau dinding disebut *tilt-up construction*. Pemasangan komponen ini termasuk metode vertikal

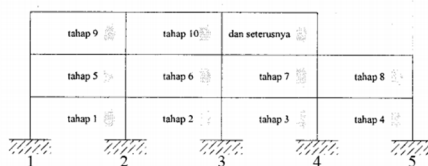
karena sambungan-sambungannya harus segera dapat berfungsi secara efektif.



Gambar 2.17 Metode Ereksi Arah Vertikal
Sumber: Ervianto, 2006

b. Metode Horizontal

Penyatuan komponen beton pracetak dengan metode horizontal adalah proses ereksi yang pelaksanaannya tiap satu lantai (arah horizontal bangunan). Metode ini digunakan untuk struktur bangunan yang terdiri dari komponen kolom precast dengan sambungan pada tempat-tempat tertentu. Sambungan pada metode ini tidak harus segera dapat berfungsi sehingga tersedia waktu yang cukup untuk pengerasan beton. Sambungan yang cocok untuk metode ini adalah *in-situ concrete joint*.



Gambar 2.18 Metode Ereksi Arah Horizontal
Sumber: Ervianto, 2006

2.9 Basement

Basement merupakan suatu ruang yang letaknya berada di bawah permukaan tanah. Pada gedung-gedung tinggi, *basement* seringkali dimanfaatkan sebagai area parkir maupun ruang-ruang utilitas.

Dinding *basement* sendiri berfungsi sebagai *retaining wall* atau dinding penahan tanah. Oleh karena itu, dinding *basement* harus dirancang sedemikian rupa agar kokoh dan kuat dalam menahan beban akibat tekanan tanah dan air. Menurut Gue dan Tan (1998), ada beberapa tipe dinding penahan tanah yang umum digunakan pada *basement*, yaitu:

2.9.1 Sheet Pile Wall

Sheet pile wall merupakan jenis dinding penahan tanah yang bersifat sementara. Penggunaan *sheet pile* pada konstruksi *basement* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Kondisi Tanah dan Kemudahan Pemasangan *Pile*

Lapisan bawah tanah harus memungkinkan *sheet pile* agar dapat mudah digerakkan pada saat pemasangan. Jenis tanah yang biasa digunakan ialah tanah yang memiliki hasil tes SPT dengan nilai N dibawah 50. Sedangkan jenis *sheet pile* yang digunakan bergantung pada kekuatan lentur dan kekuatan untuk mencegah terjadinya *driving*.

b. Kedalaman Galian

Sheet pile cocok digunakan untuk galian dangkal dan sebagai penggunaan sementara karena kekakuan yang rendah dibandingkan dengan tipe dinding penahan tanah yang lain seperti *diaphragm wall*, *contiguous bored pile*, dan *secant pile*.

c. Kadar Air

Sheet pile lebih cocok digunakan untuk jenis tanah yang memiliki kadar air rendah karena rembesan yang sering terjadi.

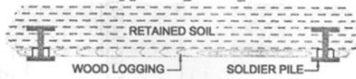


Gambar 2.19 *Sheet Pile Wall*

Sumber: Gue dan Tan, 2008

2.9.2 Soldier Pile Wall

Soldier pile wall memiliki dua komponen utama, yaitu *soldier pile* (komponen vertikal) dan *lagging* (komponen horizontal). *Soldier pile* berfungsi sebagai tumpuan utama untuk kestabilan tanah dan *lagging* berfungsi sebagai tumpuan sekunder untuk mempertahankan bentuk tanah.

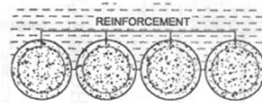


Gambar 2.20 *Soldier Pile Wall*

Sumber: Gue dan Tan, 2008

2.9.3 Contiguous Bored Pile Wall

Contiguous bored pile wall dapat berfungsi sebagai dinding penahan tanah sementara maupun permanen dan biasa digunakan pada tanah yang memiliki kekakuan tinggi. Keuntungan penggunaan dinding penahan tanah jenis ini ialah harganya yang lebih murah dan pengerjaan konstruksi yang cepat.

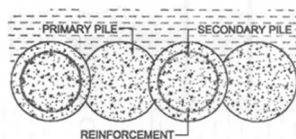


Gambar 2.21 *Contiguous Bored Pile Wall*

Sumber: Gue dan Tan, 2008

2.9.4 Secant Pile Wall

Pada dasarnya *secant pile wall* memiliki fungsi yang sama dengan *contiguous bored pile wall*. Namun jenis ini lebih menguntungkan karena dapat digunakan pada tanah dengan kadar air tinggi.

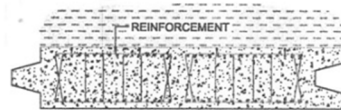


Gambar 2.22 *Secant Pile Wall*

Sumber: Gue dan Tan, 2008

2.9.5 Diaphragm Wall

Diaphragm wall merupakan dinding penahan tanah yang bersifat permanen dan yang paling efektif digunakan untuk tanah dengan kadar air tinggi. Selain itu, pemasangannya juga menimbulkan suara yang minimum dan tidak terjadi vibrasi yang berlebihan.



Gambar 2.23 *Diaphragm Wall*

Sumber: Gue dan Tan, 2008

2.10 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*). Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Menurut Sosrodarsono dan Nakazawa (2000), pondasi dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*).

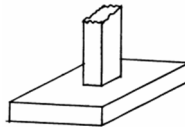
2.10.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Syarat pondasi dangkal ialah:

- $D / B \leq 1$
- Lapisan tanah keras berada di dekat permukaan tanah
Ada beberapa macam dari pondasi dangkal, yaitu:

a. Pondasi Telapak (*Isolated Footing*)

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. Sistem kerja pondasi ini menerapkan sistem tanam sehingga pondasi telapak ini menahan kolom yang tertanam di dalamnya agar tidak masuk dalam tanah.

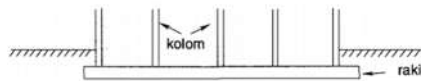


Gambar 2.24 Pondasi Telapak

Sumber: Gunawan, 1991

b. Pondasi Rakit (*Raft Foudation*)

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan antar kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2.25 Pondasi Rakit

Sumber: Hardiyatmo, 1996

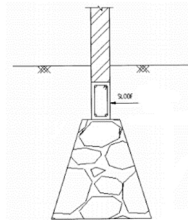
c. Pondasi Rollag Bata

Rollag bata merupakan pondasi sederhana yang fungsinya bukan menyalurkan beban bangunan, melainkan untuk menyeimbangkan posisi lantai agar tidak terjadi

ambblas pada ujung lantai. Pondasi ini biasanya digunakan untuk membuat teras rumah, fungsinya hampir sama dengan sloof gantung namun rollag bata tidak sekuat sloof gantung dan tidak semahal sloof gantung.

d. Pondasi Batu Kali

Pondasi batu kali merupakan pondasi penahan dinding yang digunakan pada bangunan sederhana. Pondasi ini terdiri dari batu kali dan perekat yang berupa campuran pasir dan semen. Biasanya campuran agregat untuk merekatkan batu kali ini menggunakan perbandingan 1:3 karena batu kali akan selalu menerima rembesan air yang berasal dari tanah.



Gambar 2.26 Pondasi Batu Kali
Sumber: Pamungkas dan Harianti, 2013

2.10.2 Pondasi Dalam

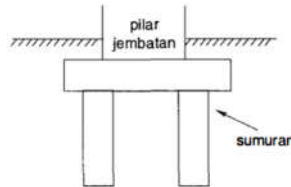
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Syarat pondasi dalam ialah:

- $D / B \geq 4$
 - Lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah
- Ada beberapa macam dari pondasi dangkal, yaitu:

a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f)

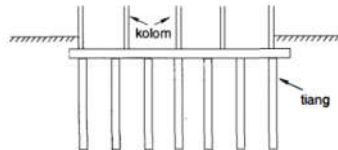
dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$.



Gambar 2.27 Pondasi Sumuran
Sumber: Hardiyatmo, 1996

b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.



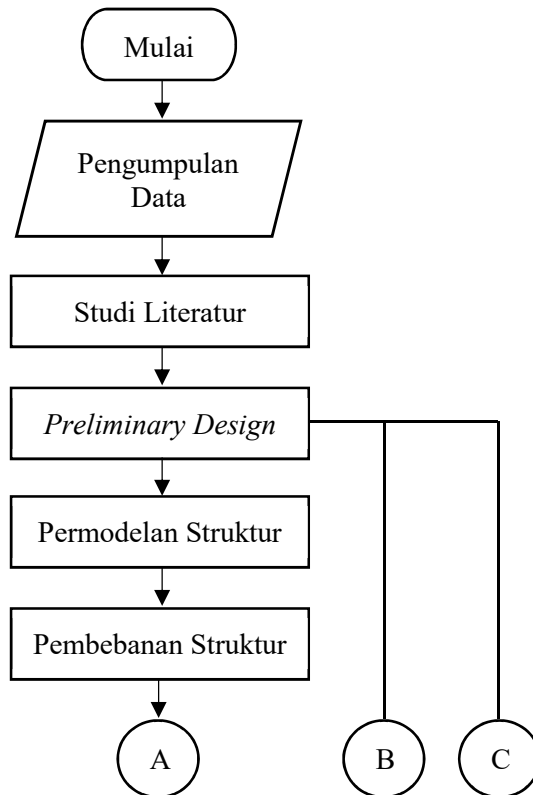
Gambar 2.28 Pondasi Tiang
Sumber: Hardiyatmo, 1996

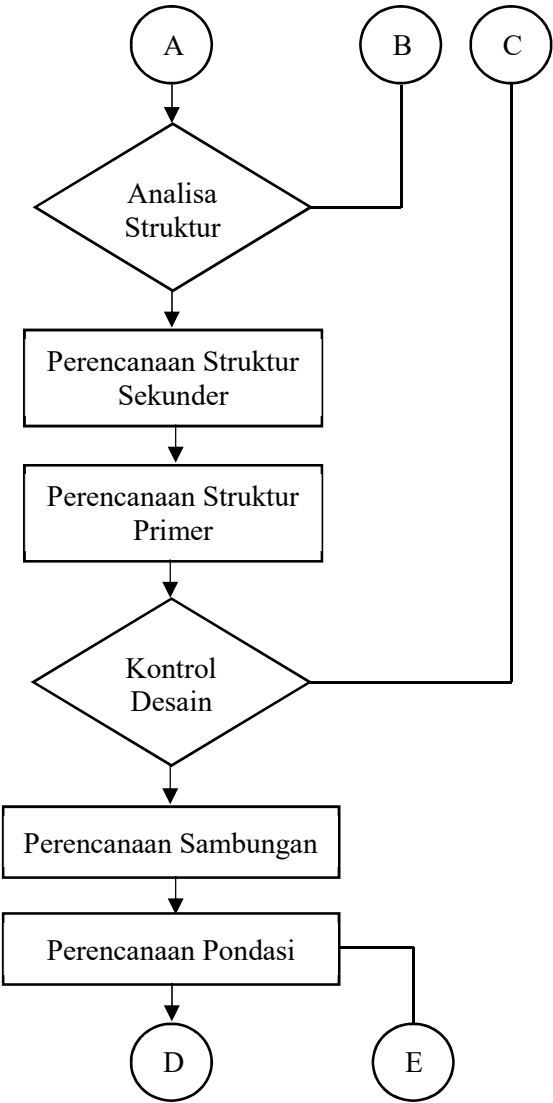
BAB III METODOLOGI

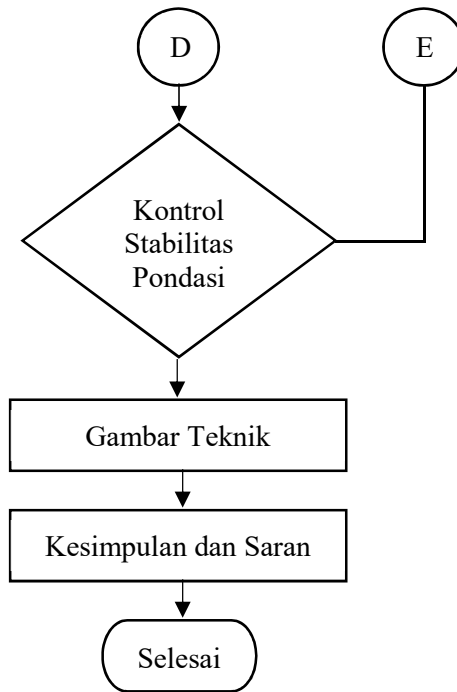
3.1 Umum

Perencanaan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya menggunakan metode beton pracetak tentunya harus memiliki susunan pengerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data hingga gambar teknik pada bagian akhirnya.

3.2 Bagan Alir Perencanaan







Gambar 3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.3 Pengumpulan Data

3.3.1 Data Awal

a. Data Umum Bangunan

Nama Gedung	: Tower 2 The Arundaya Surabaya
Lokasi	: Jalan Kenjeran No. 504, Kalijudan, Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur
Fungsi	: Apartemen
Jumlah Lantai	: 48 lantai (lantai 48 <i>rooftop</i>)
Tinggi Bangunan	: 160 meter
Total Luas Area	: 1050,4 m ²
Struktur Bangunan	: Struktur beton bertulang

Sistem Bangunan : *Dual System*

b. Data Material

Kekuatan Tekan Beton (f'_c) : - MPa

Tegangan Leleh Baja (f_y) : - MPa

Data Tanah : (Lampiran)

3.3.2 Data Modifikasi

a. Data Umum Bangunan

Nama Gedung : The Arundaya Surabaya Tower 2

Lokasi : Jalan Kenjeran No. 504, Kalijudan, Mulyorejo, Surabaya, Jawa Timur

Fungsi : Apartemen

Jumlah Lantai : 12 lantai (lantai 12 atap)

Tinggi Bangunan : 41.70 meter

Total Luas Area : 1050,4 m²

Struktur Bangunan : Struktur beton pracetak

Sistem Bangunan : *Dual System*

b. Data Material

Kekuatan Tekan Beton (f'_c) : 35, 40, 45 MPa

Tegangan Leleh Baja (f_y) : 420 MPa

3.4 Studi Literatur

Pada perencanaan bangunan ini, digunakan beberapa buku dan peraturan mengenai perancangan beton pracetak, serta struktur gedung secara umum yang dapat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya:

1. ACI 318M-14 *Building Code Requirements for Structural Concrete*.
2. ASCE/SEI 7-16 *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*.

3. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
4. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non Gedung.
5. *PCI Design Handbook Precast and Prestress Concrete Sixth Edition.*

3.5 Preliminary Design

Preliminary design adalah desain awal atau estimasi jenis, mutu, serta dimensi material yang akan digunakan untuk membentuk struktur bangunan. Dimensi material dalam gedung ini meliputi balok induk, balok anak, kolom dan pelat. Penentuan *preliminary design* sesuai dengan ketentuan ACI 318M-14.

3.5.1 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam merencanakan pelat, terdapat spesifikasi tebal minimum dalam dimensi pelat. Tebal minimum tersebut dapat mempengaruhi jenis pelat, apakah tergolong pelat dua arah atau pelat satu arah.

a. Pelat Satu Arah

Apabila jenis pelat yang digunakan adalah pelat satu arah dan merupakan pelat non-prategang, maka tebal minimum ditentukan berdasarkan rumus dari ACI 318M-14 pasal 7.3.1.1 yang disajikan pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Tinggi Minimum Pelat Non Prategang Satu Arah

<i>Support Condition</i>	<i>Minimum h</i>
<i>Simply supported</i>	$l/20$
<i>One end continuous</i>	$l/24$
<i>Both end continuous</i>	$l/28$
<i>Cantilever</i>	$l/10$

Sumber: ACI 318M-14

Dimana:

h = tinggi pelat minimum

l = panjang bentang

Nilai diatas hanya dapat digunakan untuk $f_y = 420$ MPa, untuk f_y dengan nilai selain 420 MPa, nilai yang ada dalam tabel diatas perlu dikalikan dengan $(0,4 + \frac{f_y}{700})$.

b. Pelat Dua Arah

Sesuai dengan ACI 318M-14, ketentuan berlaku untuk desain sistem pelat yang ditulangi untuk lentur. Tebal minimum pelat yang didesain sesuai dengan ketentuan tersebut harus seperti yang disyaratkan oleh ACI 318M-14 pasal 8.3.1.2. Untuk mendesain tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dapat menggunakan rumus berikut:

- Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan ACI 318M-14 pasal 8.3.1.1
 1. Tebal pelat tanpa penebalan 125 mm
 2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
- Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan berikut:

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \geq 125 \text{ mm} \quad (3-1)$$

(ACI 318M-14 pasal 8.3.1.2)

- Untuk $\alpha_{fm} > 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi persamaan berikut:

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \quad (3-2)$$

(ACI 318M-14 pasal 8.3.1.2)

Dimana:

l_n = panjang bentang bersih

f_y = tegangan leleh baja

β = rasio bentang bersih panjang terhadap pendek

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel

3.5.2 Perencanaan Dimensi Balok

Untuk menentukan ukuran tinggi balok, baik balok anak maupun utama direncanakan dimensi tinggi balok awal berdasarkan ACI 318M-14 pasal 9.3.1.1 yang disajikan dalam Tabel 3.2 berikut. Lebar balok ditentukan 2/3 dari tinggi balok. Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

Tabel 3.2 Tinggi Minimum Balok

$h_{\min} = \frac{l}{16}$	Digunakan apabila $f_y = 420$ MPa
$h_{\min} = \frac{l}{16} (0,4 + \frac{f_y}{700})$	Digunakan apabila $f_y \neq 420$ MPa
$h_{\min} = \frac{l}{16} (1,65 - 0,003w_c)$	Digunakan untuk nilai w_c 1440 kg/m ³ hingga 1840 kg/m ³

Sumber: ACI 318M-14

Dimana:

h_{\min} = tinggi balok minimum

l = panjang balok

3.5.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

$$A = \frac{W}{\phi f'_c} \quad (3-3)$$

(ACI 318M-14 pasal 10.5.1)

Dimana:

W = beban aksial yang diterima kolom

f'_c = kuat tekan beton karakteristik

A = luas penampang kolom

3.6 Permodelan dan Pembebanan dengan Analisa Struktur

3.6.1 Penggunaan Analisa Struktur

Analisa struktur utama menggunakan program ETABS 2016 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur. Model harus memenuhi beberapa kriteria di kontrol permodelan struktur agar model yang dibuat dapat digunakan untuk perhitungan.

3.6.2 Perhitungan Gaya Dalam

Untuk mendapatkan gaya dalam struktur utama, hal yang harus diperhatikan dan data yang harus dimasukkan ke dalam program ialah:

- Bentuk gedung
- Posisi dan dimensi elemen struktur
- Pembebanan Struktur
- Kombinasi pembebanan
- Respons spektrum gempa

3.6.3 Kontrol Permodelan Struktur

Permodelan yang dibuat harus memenuhi beberapa kriteria di bawah agar gaya gempa yang terjadi pada permodelan dapat digunakan saat perencanaan.

3.6.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, nilai partisipasi massa harus sekurang-kurangnya mencapai 90% dari massa aktual struktur. Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami suatu struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah horizontal-orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

3.6.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2: $T_a < T < C_u \times T_a$. Periode fundamental struktur (T) dalam arah yang ditinjau

harus diperoleh menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji.

Dalam persyaratan, perioda fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan di atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari SNI 1726-2012 (tabel 14) yang disajikan pada Tabel 3.3 di bawah ini dan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur.

Nilai perioda fundamental struktur (T) diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3-4)$$

Dimana:

T_a = perioda fundamental pendekatan

C_t = koefisien yang ditentukan dari tabel 15 SNI 1726:2012

h_n = tinggi bangunan (m)

x = koefisien yang ditentukan dari tabel 15 SNI 1726:2012

Tabel 3.3 Koefisien C_u

Parameter Percepatan Respons Spectral Desain pada 1 Detik, SD_1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,15$	1,7

Sumber: SNI 1726:2012

Tabel 3.4 Koefisien C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka Baja Pemikul Momen	0,0724	0,8
Rangka Beton Pemikul Momen	0,0466	0,9
Rangka Baja dengan Bresing Eksentris	0,0731	0,75

Rangka Baja dengan Bresing Terkekang Terhadap Tekuk	0,0731	0,75
Semua Sistem Struktur Lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 1726:2012

3.6.3.3 Kontrol Skala Gaya Dinamis

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, gaya dinamis $> 85\%$ gaya statis. Bila perioda fundamental struktur (T) yang dihitung melebihi $C_u \times T_a$, maka $C_u \times T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu.

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan 0,85 (V/V_t).

3.6.3.4 Kontrol Defleksi Bangunan (*Drift*)

Sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.6, defleksi tiap lantai $>$ defleksi ijin. Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa terletak tidak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat diatasnya.

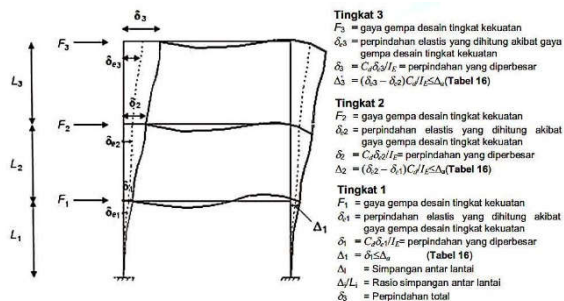
Jika desain tegangan ijin digunakan, defleksi harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Tabel 3.5 Simpangan Ijin Struktur

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior,	0,025 h	0,02 h	0,015 h

partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpanan antar lantai			
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h	0,010 h	0,010 h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h	0,007 h	0,007 h
Semua struktur lainnya	0,020 h	0,015 h	0,010 h

Sumber: SNI 1726:2012



Gambar 3.2 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Sumber: SNI 1726:2012

3.7 Pembebanan

Dalam melakukan analisa perhitungan desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan ASCE/SEI 7-16.

3.7.1 Beban Statis

Beban statis ialah beban yang bekerja secara kontinu pada struktur yang timbul secara perlahan-lahan dan mempunyai karakter *steady-states* atau bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut ASCE/SEI 7-16 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) ialah sebagai berikut:

a. Beban Mati

Beban mati ialah berat seluruh bangunan gedung yang terpasang seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung serta komponen arsitektural dan struktural lainnya.

Tabel 3.6 Jenis dan Besar Beban Mati

Jenis Beban	Besar Beban
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Aspal	2200 kg/m ³
Plafon	7 kg/m ²
Penggantung plafon	11 kg/m ²
Keramik	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30 kg/m ²
Dinding bata ringan 60 x 20 x 10	100 kg/m ²

Sumber: PPIUG 1983

b. Beban Hidup

Beban hidup ialah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, hujan, gempa, serta banjir (ASCE/SEI 7-16).

Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat bergerak sehingga untuk menentukan secara pasti nilai beban hidup yang bekerja sangat sulit karena fluktuasi beban hidup yang bervariasi. Oleh karena itu, digunakan

peraturan ACSE/SEI 7-16 yang mengatur tentang perancangan beban hidup.

Tabel 3.7 Jenis Beban dan Besar Beban Hidup

Jenis Beban	Beban
	Merata, psf (kN/m ²)
Ruang pribadi dan koridor yang melayani ruang pribadi	40 (1,92)
Ruang publik dan koridor yang melayani ruang publik	100 (4,79)
Atap untuk perkumpulan orang (<i>assembly purposes</i>)	100 (4,70)

Sumber: ASCE/SEI 7-16

3.7.2 Beban Dinamis

a. Beban Angin

Beban angin mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh tekanan udara (ASCE/SEI 7-16 pasal 26).

Parameter beban angin yang harus diperhitungkan antara lain:

- Kecepatan angin dasar, V (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.5)
- Faktor arah angin, K_0 (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.6)
- Kategori eksposur (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.7)
- Faktor topografi, K_{zt} (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.8)
- Faktor elevasi muka tanah, K_e (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.9)
- Faktor kecepatan tekanan (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.10)
- Faktor efek tiupan angin (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.11)

- Klasifikasi ketertutupan (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.12)
- Koefisien tekanan internal (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.13)
- Batasan tornado (ASCE/SEI 7-16 pasal 26.14)

b. Beban Gempa

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012) dengan zona wilayah gempa kota Surabaya.

Analisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 meliputi:

- Penentuan Respons Spektrum

Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017.

- Respon Seismik (C_s)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-5)$$

Dimana:

S_{DS} = percepatan spectrum respons desain dalam rentang periode pendek

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan bangunan

Dengan nilai C_s max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3-6)$$

- Gaya Geser dan Gaya Seismik Lateral

$$V = C_s \times W \quad (3-7)$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_i \times h_i^k} \quad (3-8)$$

Dimana:

Cs = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 1726:2012 pasal 7.7.2

3.7.3 Kombinasi Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan digunakan kombinasi pembebanan sesuai dengan ASCE/SEI 7-16 pasal 5.3.1 sebagai berikut:

$$U = 1,4D \quad (3-9)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (3-10)$$

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) \quad (3-11)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (3-12)$$

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L + 0,2S \quad (3-13)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \quad (3-14)$$

$$U = 0,9D + 1,0E \quad (3-15)$$

Dimana:

U = beban *ultimate*

D = beban mati

L = beban hidup

L_r = beban hidup atap

S = beban salju

R = beban hujan

E = beban gempa

W = beban angin

3.8 Perencanaan Struktur Sekunder

3.8.1 Perencanaan Balok Anak

Pelat sebagai elemen yang paling awal menerima beban kemudian akan mendistribusikan beban ke balok anak. Beban yang diterima balok anak akan dihitung sebagai beban ekuivalen trapezium, segitiga, dan dua segitiga.

Dari beban yang dipikul oleh balok anak tersebut akan digunakan untuk menghitung gaya dalam. Gaya dalam tersebut

digunakan untuk perhitungan penulangan lentur dan geser. Penentuan dimensi awal balok anak sama dengan balok utama yaitu mengacu pada ACI 318M-14 pasal 9.3.1.1 tabel 9.3.1.1. Sementara untuk penulangan balok anak sama dengan penulangan balok utama yang akan dibahas lebih detail pada sub bab 3.9.1.

3.8.2 Perencanaan Tangga

Perencanaan tangga dimulai dengan menghitung lebar dan tinggi injakan pada tangga, dengan syarat sebagai berikut:

$$60 \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3-16)$$

Dimana:

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

α = sudut kemiringan tangga ($25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

3.9 Perencanaan Struktur Primer

3.9.1 Penulangan Balok

Penulangan balok anak dan balok utama dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada ACI 318M-14 pasal 22.2.2.4.3 pada tabel 22.2.2.4.3.

3.9.1.1 Penulangan Lentur Balok

Tahapan dalam merencanakan tulangan lentur adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan M_u .
2. Menentukan nilai β_1 sesuai peraturan ACI 318M-14 pasal 22.2.2.4.3 pada tabel 22.2.2.4.3.

Tabel 3.8 Nilai β_1

f'_c (MPa)	β_1
$17 \leq f'_c \leq 28$	0,85

$28 < f'_c < 55$	$0,85 - \frac{0,05 (f'_c - 28)}{7}$
$f'_c \geq 55$	0,65

Sumber: ACI 318M-14

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut:

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3-17)$$

$$\rho_{\max} \leq 0,025 \quad (3-18)$$

(ACI 318M-14 pasal 18.6.3.1)

$$\rho_{\max} \leq 0,75 \rho_b \quad (3-19)$$

$$\rho_{\min} \geq \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3-20)$$

(ACI 318M-14 pasal 9.6.1.2)

$$\rho_{\min} \geq \frac{1,4}{f_y} \quad (3-21)$$

(ACI 318M-14 pasal 9.6.1.2)

Dari kedua harga ρ_{\min} tersebut, diambil harga ρ_{\min} yang terbesar sebagai nilai ρ_{\min} yang menentukan.

4. Menentukan harga m.

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (3-22)$$

5. Menentukan R_n .

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (3-23)$$

$$\phi = 0,90$$

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan.

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \quad (3-24)$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan (A_s) dari ρ yang diperoleh.

$$\rho = \frac{A_s}{b d} \quad (3-25)$$

$$A_s = \rho b d \quad (3-26)$$

8. Menentukan jumlah tulangan.

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_s \text{ perlu}}{0.25 \pi \phi^2} \quad (3-27)$$

9. Menghitung jarak tulangan.

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3-28)$$

10. Kontrol regangan.

$$\varepsilon_t \geq 0,005 \quad (3-29)$$

3.9.1.2 Penulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai ACI 318M-14 pasal 9.5.1.1 bagian (b) yaitu harus memenuhi:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3-30)$$

Dimana:

ϕ = faktor reduksi kekuatan untuk geser bernilai 0,75

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

Sedangkan untuk kuat geser nominal dari penampang merupakan hasil penjumlahan dari kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s).

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-31)$$

(ACI 318M-14 pasal 22.5.1.1)

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b d \quad (3-32)$$

(ACI 318M-14 pasal 22.5.5.1)

Dimana:

V_c = kuat geser beton

V_s = kuat geser nominal tulangan geser

V_n = kuat geser nominal penampang

3.9.1.3 Penulangan Torsi Balok

Penulangan torsi harus diperhatikan apabila memenuhi kriteria berikut:

$$T_u \geq \phi T_{th} \quad (3-33)$$

$$T_u \geq 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (3-34)$$

(ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1)

Dimana:

T_u = momen torsi terfaktor

T_{th} = torsi *threshold*

A_{cp} = luas beton

P_{cp} = keliling penampang beton

Apabila T_u melebihi torsi terkecil yang terdeteksi (*threshold*), maka desain penampang harus berdasarkan pada:

$$\phi T_n \geq T_u \quad (3-35)$$

(ACI 318RM-14 pasal R22.7.6)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2A_0 A_t f_{yt}}{s} \cot \theta \quad (3-36)$$

(ACI 318M-14 pasal 22.7.6.1 pers. 22.7.6.1a)

$$T_n = \frac{2A_0 A_t f_{yt}}{p_h} \cot \theta \quad (3-37)$$

(ACI 318M-14 pasal 22.7.6.1 pers. 22.7.6.1b)

Dari kedua harga T_n diatas, digunakan nilai T_n yang memiliki harga terkecil.

Dimana:

T_u = momen torsi terfaktor

T_n = kuat momen torsi

A_0 = luas *stirrup*

A_t = luas tulangan

A_l = luas tulangan longitudinal

s = *spacing*

p_h = keliling *stirrup*

3.9.1.4 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah beban dari berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat pada balok. Ada dua hal

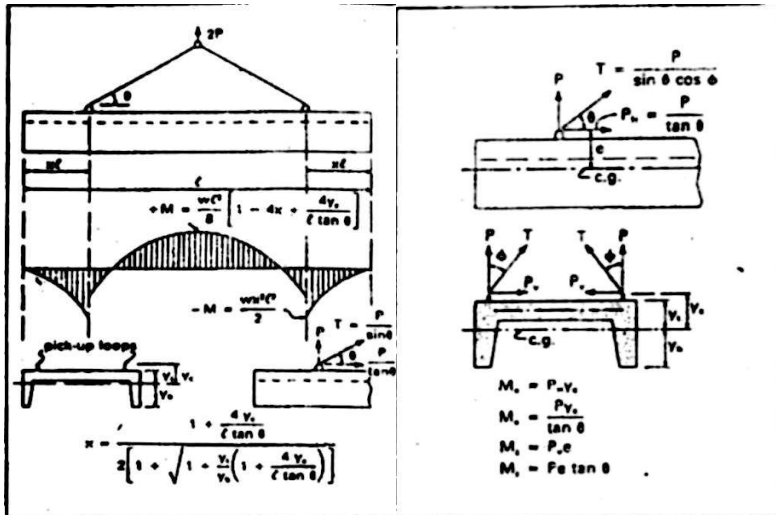
yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.



Gambar 3.3 Pengangkatan Balok Pracetak

Sumber: Brosur Beta Concrete Plant & Lifting Equipment, 2018

Pada saat pengangkatan balok pracetak, balok harus didesain sedemikian rupa agar tidak terjadi kerusakan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.4 Bidang Momen Balok Pracetak Saat Pengangkatan
Sumber: PCI Design Handbook, 2004

Tabel 3.9 Angka Pengali Beban Statis Ekuivalen untuk
Menghitung Gaya Pengangkatan dan Gaya Dinamis

Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

3.9.2 Penulangan Kolom

Penulangan kolom dilakukan untuk menahan momen lentur, geser, dan torsi yang dihitung berdasarkan pada ACI 318M-14 pasal 22.4, pasal 22.5, dan pasal 22.7.

3.9.2.1 Penulangan Lentur Kolom

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari permodelan ETABS 2016, didapatkan momen dan gaya aksial yang terjadi pada kolom tersebut. Gaya-gaya tersebut dijadikan input pada program

bantu PCACOL untuk mendapatkan tulangan lentur. Penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai ACI 318M-14 pasal 22.4.

3.9.2.2 Penulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom dihitung berdasarkan persyaratan di ACI 318M-14 pasal 22.5 mengenai geser.

3.9.2.3 Penulangan Torsi Kolom

Penulangan torsi kolom dihitung berdasarkan persyaratan di ACI 318M-14 pasal 22.7 mengenai torsi.

3.9.2.4 Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

Sesuai filosofi desain kapasitas, maka ACI 318M-14 pasal 18.7.3 mensyaratkan bahwa:

$$\Sigma M_{nc} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma M_b \quad (3-38)$$

Dimana ΣM_{nc} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. Untuk M_{nc} didapatkan dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau guna mengontrol syarat *strong column weak beam*. Setelah didapatkan jumlah tulangan kolom yang diperlukan, selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.

3.9.2.5 Pengangkatan Kolom Pracetak

Pemasangan kolom harus diperhatikan bahwa kolom akan mengalami proses pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat kolom dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk saat proses transportasi. Perencanaan titik pengangkatan pada kolom sama halnya dengan perencanaan titik angkat pada balok pracetak, mengacu pada *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*.

3.9.3 Penulangan Dinding Geser

3.9.3.1 Kuat Aksial Rencana

Perhitungan kuat aksial rencana dinding geser atau *shear wall* didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 11.5.3.1.

$$P_u \leq \phi P_n \quad (3-39)$$

$$P_u \leq \phi 0,55 f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{k l_c}{32h} \right)^2 \right] \quad (3-40)$$

3.9.3.2 Gaya Geser Dinding

Perhitungan gaya geser untuk dalam bidang dinding atau *in-plane shear* didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 11.5.4.3.

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3-41)$$

$$V_u \leq \phi 0,83 \sqrt{f'_c} h d \quad (3-42)$$

Dimana:

h = tebal dinding

d = 0,8 l_w

3.9.3.3 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser beton didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 11.5.4.6.

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'_c} h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \quad (3-43)$$

Atau

$$V_c = \left[0,05 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0,1 \lambda \sqrt{f'_c} + 0,2 \frac{N_u d}{4 l_w} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \right] \quad (3-44)$$

Dari kedua persamaan V_c diatas, diambil V_c yang memiliki nilai terkecil.

Dimana:

l_w = panjang keseluruhan dinding

N_u = positif untuk gaya tekan dan negatif untuk gaya tarik

$\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}$ = apabila bernilai negatif, maka persamaan V_c kedua tidak dapat digunakan

3.9.3.4 Penulangan Geser Vertikal

Perhitungan penulangan geser vertikal didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 11.6.1. Apabila dalam bidang dinding atau *in-plane* $V_u \leq 0,5 \phi V_c$, maka nilai minimum ρ_l dan ρ_t harus mengacu pada ACI 318M-14 pasal 11.6.1 yang disajikan dalam Tabel 3.10 dibawah ini dan pasal 11.6.2.

Tabel 3.10 Penulangan Minimum untk Dinding Dalam Bidang
 $V_u \leq 0,5 \phi V_c$

Wall Type	Type of Nonprestressed Reinforcement	Bar / Wire Size	f_y (MPa)	Minimum Longitudinal (ρ)	Minimum Transverse (ρ)
Cast-in-place	Deformed bars	\leq No. 16	≥ 420	0.0012	0.0020
			< 420	0.0015	0.0025
		$>$ No. 16	Any	0.0015	0.0025
	Welded-wire reinforcement	\leq MW200 or MD200	Any	0.0012	0.0020

Sumber: ACI 318M-14

Akan tetapi, apabila nilai $V_u \geq 0,5 \phi V_c$, maka persamaan yang berlaku ialah sebagai berikut:

$$\rho_l \geq 0,0025 + 0,5 \left(2,5 - \frac{h_w}{l_w} \right) (\rho_t - 0,0025) \quad (3-45)$$

(ACI 318M-14 pasal 11.6.2)

Dimana:

Rasio tulangan geser vertikal terhadap luas beton bruto penampang horizontal, ρ_t , tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari persamaan pada ACI 318M-14 pasal 11.6.2 dan 0,0025. Nilai ρ_l yang dihitung tidak perlu lebih besar dari ρ_t yang terdapat pada tabel 3.9.

3.9.3.5 Penulangan Geser Horizontal

Apabila $V_u > \phi V_c$, maka tulangan geser horizontal harus disediakan untuk memenuhi persamaan berikut:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3-46)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3-47)$$

(ACI 318M-14 pasal 11.5.4.4)

Dimana:

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s} \quad (3-48)$$

(ACI 318M-14 pasal 11.5.4.8)

3.9.4 Penulangan Pelat

3.9.4.1 Penulangan Lentur Pelat

Sistem pelat lantai pada tugas akhir ini adalah pelat lantai dua arah yang tertumpu pada keempat sisinya. Perhitungan tulangan pelat lantai ini menggunakan ACI 318M-14 sebagai acuan dengan menentukan nilai ρ min, ρ maks, dan ρ pakai yang perhitungannya sama dengan perhitungan penulangan pelat belok. Namun pada penulangan pelat terdapat batasan pada *spacing* tulangan yaitu:

- *Critical Sections*

Nilai spacing tulangan pada *critical sections* diambil dengan nilai yang lebih kecil dari:

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 2h$$

(ACI 318M-14 pasal 8.7.2.2)

- *Other Sections*

Nilai spacing tulangan pada *sections* lainnya diambil dengan nilai yang lebih kecil dari:

$$S \leq 450 \text{ mm}$$

$$S \leq 3h$$

(ACI 318M-14 pasal 8.7.2.2)

3.9.4.2 Penulangan Susut Pelat

Perhitungan kebutuhan tulangan susut merujuk pada peraturan ACI 318M-14 pasal 24.4.3.2. Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- a. p_{min} pada pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dengan tegangan leleh kurang dari 420 MPa adalah 0,0020
- b. p_{min} pada pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dengan tegangan leleh sama atau lebih dari 420 MPa adalah $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

3.9.4.3 Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai ACI 318M-14 pasal 24.3.2. Jarak atau *spacing* maksimum yang diizinkan ialah yang terkecil dari:

$$s \leq 380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 C_c \quad (3-49)$$

$$s \leq 300 \left(\frac{280}{f_s} \right) \quad (3-50)$$

(ACI 318M-14 pasal 24.3.2 tabel 24.3.2)

3.9.4.4 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulangan angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkatan dalam proses transportasi kondisi yang demikian menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen pracetak. Pada proses pengangkatan dapat menggunakan bantuan balok angkat yang memiliki kegunaan untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

- a. Empat Titik Angkat

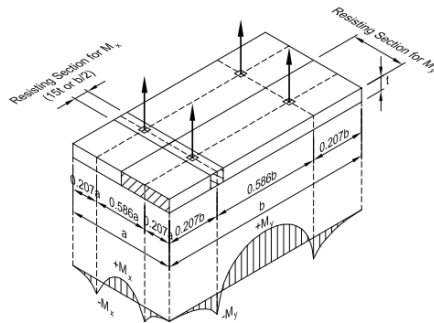
Maksimum momen pendekatan:

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$$

Dimana:

- W = weight per unit area
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar terkecil dan $15t$ atau $b/2$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.5 Posisi Titik Angkat Pelat (4 Buah Titik Angkat)

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

b. Delapan Titik Angkat

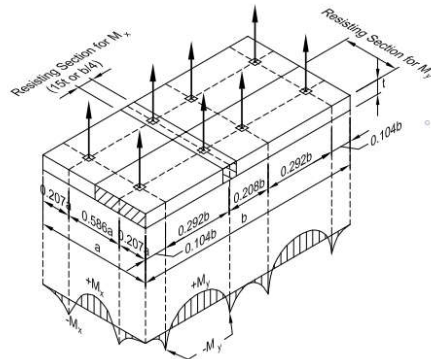
Maksimum momen pendekatan:

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

Dimana:

- W = weight per unit area
- M_x ditahan oleh penampang dengan lebar terkecil dan $15t$ atau $b/4$
- M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 3.6 Posisi Titik Angkat Pelat (8 Buah Titik Angkat)

Sumber: PCI Design Handbook, 2004

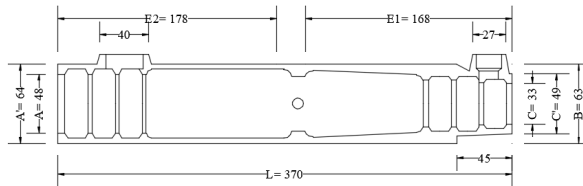
3.10 Perencanaan Sambungan

Pada tugas akhir ini direncanakan sambungan antar tulangan dengan menggunakan sambungan mekanis (*mechanical splices*) yaitu dengan menggunakan produk dari Peikko group (Gambar 3.7) dan NMB Splice Sleeve (Gambar 3.8). Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.5.7 dikatakan bahwa untuk memastikan kekuatan yang cukup pada sambungan sehingga kelelahan dapat terjadi pada tulangannya, maka sambungan mekanis harus direncanakan memiliki nilai 1.25 dari f_y tulangan.



Gambar 3.7 Peikko Coupler

Sumber: Brosur Modix Rebar Couplers, 2016



Gambar 3.8 NMB Splice Sleeve

Sumber: Brosur NMB Splice Sleeve, 2017

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.2.7.1, sambungan mekanis dibagi menjadi 2 tipe, yaitu:

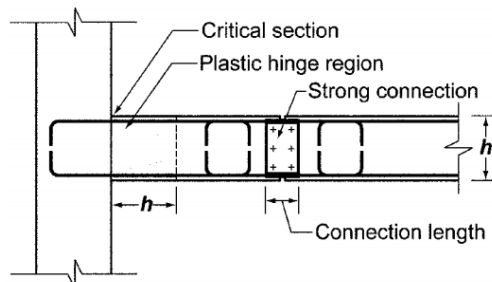
a. Tipe 1

Apabila sambungan mekanis memenuhi pasal 25.5.7, yaitu memiliki kekuatan leleh $1.25 f_y$ tulangan yang digunakan.

b. Tipe 2

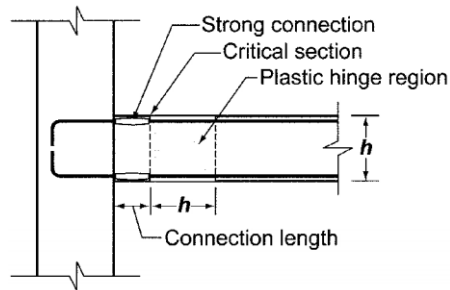
Apabila sambungan mekanis memenuhi persyaratan tipe 1 dan memiliki kuat tarik lebih dari kuat tarik tulangan yang digunakan.

Sambungan mekanis dengan tipe 1 hanya dapat digunakan di luar daerah sendi plastis seperti pada Gambar 3.9. Sementara tipe 2 dapat digunakan dimana pun sesuai dengan perencanaan seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.9 Sambungan Tipe 1

Sumber: ACI 318M-14



Gambar 3.10 Sambungan Tipe 2
Sumber: ACI 318M-14

Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.9.2.1 sambungan daktail pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$V_n \geq 2 V_e \quad (3-51)$$

Dimana:

V_n = kekuatan geser nominal

V_e = kekuatan geser aktual

Sedangkan menurut ACI 318M-14 pasal 18.9.2.2, *strong connection* pada elemen pracetak yang tahan gempa harus memenuhi persyaratan berikut:

$$\phi S_n \geq 1,4 S_e \quad (3-52)$$

Dimana:

S_n = kekuatan lentur, geser atau aksial momen sambungan

S_e = gaya lentur, gaya geser, dan gaya aksial pada sambungan yang terkait dengan pembentukan kuat rencana di lokasi leleh yang diharapkan

3.10.1 Sambungan *Base Plate* – Kolom / Kolom – Kolom

Untuk sambungan kolom-kolom, harus memenuhi persyaratan berikut:

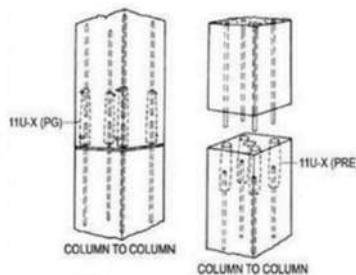
$$\phi M_n \geq 0,4 M_{pr} \quad (3-53)$$

Dimana:

M_n = kekuatan lentur nominal pada penampang

M_{pr} = kekuatan lentur mungkin komponen struktur dengan atau tanpa beban aksial

Setelah dilakukan pemancangan dan pembuatan *pile cap*, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pengecoran *pile cap*. Pada penyambungan antar kolom dengan dimensi berbeda pada dasarnya sama seperti pada proses penyambungan antar kolom dengan dimensi sama. Akan tetapi, pada tulangan panjang penyaluran pada kondisi ini lebih dilakukan penyesuaian terhadap lubang kolom yg berada di atasnya. Untuk metode penyambungannya di sini penulis menggunakan referensi dari produk *coupler sleeve* dari NMB Splice Sleeve dan SS Mortar *grouting injection*. Maka dari itu, sambungan pada kolom-kolom ini tetap diklasifikasikan dalam kategori sambungan basah (*wet connection*). Berikut adalah ilustrasi mengenai proses penyambungan antar kolom dengan menggunakan *coupler sleeve* dan *inject grouting* yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.11 Pemasangan Sambungan Kolom

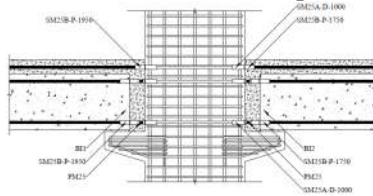
Sumber: Brosur NMB Splice Sleeve, 2017

3.10.2 Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok – kolom yang tahan terhadap gempa (*seismic resistant*) dapat menggunakan sambungan basah pada balok dan kolom pracetak dapat menggantikan sambungan monolit biasa (Nimse, Joshi and Patel, 2014).

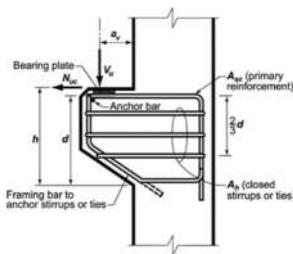
Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok – kolom terdapat dua kondisi yaitu sambungan *single-sided connection* dan *double-sided connection*. Dalam perencanaan sambungan ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers.

Pada perancangan sambungan balok dan kolom ini menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol berdasarkan ACI 318M-14 pasal 16.5 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



Gambar 3.12 Detail Penulangan Balok – Kolom

Sumber: Penulis, 2019

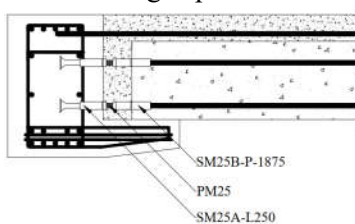


Gambar 3.13 Parameter Geometri Konsol Pendek

Sumber: ACI 318M-14

3.10.3 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya $1/180$ kali bentang bersih komponen pelat pracetak, tetapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Demikian dengan sambungan pada balok induk ke tangga. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan ACI 318M-14 pasal 8.11.3. Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



Gambar 3.14 Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Sumber: Penulis, 2018

3.10.4 Sambungan Balok – Pelat

Hal yang penting dalam sambungan termasuk sambungan balok – pelat ialah sambungan yang memiliki sifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak dapat tersalurkan dengan baik pada elemen balok. Hal ini dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

- Kombinasi dengan beton cor di tempat (*topping*), dimana permukaan pelat pracetak dan beton pracetak dikasarkan dengan amplitudo 5 mm.
- Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan.

- *Grouting* pada tumpuan atau bidang kontak antara pelat pracetak dengan balok pracetak.



Gambar 3.15 Sambungan Balok – Pelat
Sumber: Setiamanah, 2016

3.11 Perencanaan *Basement*

Basement merupakan suatu ruang yang letaknya berada di bawah permukaan tanah. Dinding *basement* sendiri berfungsi sebagai *retaining wall* atau dinding penahan tanah. Oleh karena itu, dinding *basement* harus dirancang sedemikian rupa agar kokoh dan kuat dalam menahan beban akibat tekanan tanah dan air. Akan tetapi, pada tugas akhir ini penulis merencanakan untuk menggunakan tiang pancang sebagai penahan tekanan tanah dan air sehingga dinding *basement* tidak lagi berfungsi sebagai *retaining wall*. Ketebalan dinding beton *basement* minimal 190 mm sesuai dengan ACI 318M-14 pasal 11.3.1.1.

Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan sistem cor dilokasi. Adapun persyaratan yang lain sebagai berikut:

a. Penulangan Dinding *Basement*

Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan peraturan dalam ACI 318M-14 pasal 11.5.

b. Kontrol Ketebalan Dinding *Basement*

Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam ACI 318M-14 pasal 11.3.1.1.

c. Pelat Lantai *Basement*

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah.

Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam ACI 318M-14 pasal 8.7.

3.12 Perencanaan Pondasi

Dalam suatu bangunan, beban yang diterima oleh struktur atas akan disalurkan ke tanah melalui struktur bawah, yaitu pondasi. Pada tugas akhir ini, penulis merencanakan menggunakan pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang dengan beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt.

3.12.1 Daya Dukung Tiang Pancang Vertikal

Formula daya dukung tiang pancang vertikal yang diberikan oleh Luciano Decourt ialah:

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3-54)$$

$$q_p = N_P + K \quad (3-55)$$

$$Q_S = q_s A_s \quad (3-56)$$

$$Q_S = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3-57)$$

3.12.2 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

Banyaknya kebutuhan tiang pancang yang akan digunakan pada perencanaan gedung ini berdasarkan pada rumusan berikut:

$$n = \frac{\sum P_u}{P_{ijin}} \quad (3-58)$$

$$S \geq \frac{1,57 (D)_{min} - 2D}{m+n-2} \quad (3-59)$$

3.12.2.1 Efisiensi Tiang Pancang

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \quad (3-60)$$

Dimana:

$$\theta = \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \quad (3-61)$$

$$P_{max} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y X_{max}}{\sum x^2} + \frac{M_x Y_{max}}{\sum y^2} \quad (3-62)$$

$$P_{ult} = \text{efisiensi tiang} \times P_u \text{ 1 tiang berdiri} \quad (3-63)$$

3.12.2.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang

$$P_{ult} \geq P_{pertu} \quad (3-64)$$

$$P_{ult} = P_{max} \quad (3-65)$$

3.12.2.3 Kontrol Geser Ponds pada Poer

Pada saat merencanakan ketebalan poer, ada syarat yang harus terpenuhi, yaitu kekuatan geser nominal harus lebih besar dari kekuatan geser pons yang terjadi. Perhitungan kuat geser didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 22.6.5.2 dimana nilai kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari:

Tabel 3.11 Nilai V_c untuk *Two-Way Shear*

V_c	
Yang terkecil dari	$0,33 \lambda \sqrt{f'_c}$
	$0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c}$
	$0,083 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0}\right) \lambda \sqrt{f'_c}$

Sumber: ACI 318M-14

Dimana:

β = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_0 = *critical perimeter* pada poer

$$= 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$$

α_s = 40 (untuk kolom interior)

= 30 (untuk kolom tepi)

= 20 (untuk kolom pojok)

Ketebalan dan ukuran poer dikatakan memenuhi syarat terhadap geser apabila:

$$P_u < \phi V_c \quad (3-66)$$

3.13 Gambar Teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan program bantu AutoCAD. Hasil penggambaran akan terlampir pada lampiran.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 *Preliminary Design*

Preliminary design merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. *Preliminary design* yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan *preliminary design* sebaiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

4.1.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan dengan:

$$h_{\min} = \frac{L}{16}$$
$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana:

L = panjang balok

h = tinggi balok

b = lebar balok

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan dimensi balok induk:

- Balok Induk (BI 1), L = 7.8 m

$$h_{\min} = \frac{L}{16} = \frac{7.8}{16} = 0.49$$
$$\approx 0.50 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0.50 = 0.33$$
$$\approx 0.35 \text{ m}$$

Dalam perencanaan beton pracetak, diutamakan dimensi elemen yang tipikal. Maka digunakan balok induk (BI 1) dengan dimensi 40/70 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok induk menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

Balok Induk					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
BI 1	7.80	0.33	0.49	40.00	70.00
BI 2	7.00	0.29	0.44	40.00	70.00
BI 3	10.50	0.44	0.66	50.00	75.00
BI 4	5.50	0.23	0.34	40.00	70.00
BI 5	7.50	0.31	0.47	40.00	70.00
BI 6	3.50	0.15	0.22	40.00	70.00

4.1.1.2 Perencanaan Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan dengan:

$$h_{\min} = \frac{L}{21}$$

$$b = \frac{2}{3}h$$

Dimana:

L = panjang balok

h = tinggi balok

b = lebar balok

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan dimensi balok anak:

- Balok Anak (BA 1), L = 7.5 m

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{7.5}{21} = 0.36$$

$$\approx 0.40 \text{ m}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 0.40 = 0.24$$

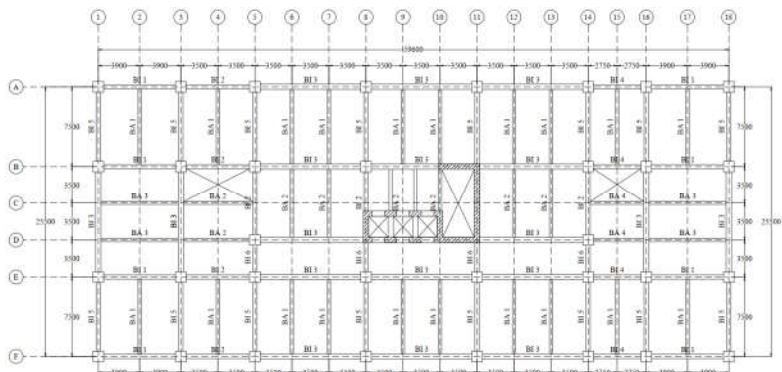
$$\approx 0.25 \text{ m}$$

Dalam perencanaan beton pracetak, diutamakan dimensi elemen yang tipikal. Maka digunakan balok anak (BA 1) dengan dimensi 30/55 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan dimensi balok anak menurut variasi bentang yang terdapat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Anak

Balok Anak					
Tipe Balok	Bentang (m)	Dimensi Balok (m)		Dimensi Balok (cm)	
		b	h	b	h
BA 1	7.50	0.24	0.36	30.00	55.00
BA 2	7.00	0.22	0.33	30.00	55.00
BA 3	7.80	0.25	0.37	30.00	55.00
BA 4	5.50	0.17	0.26	30.00	55.00



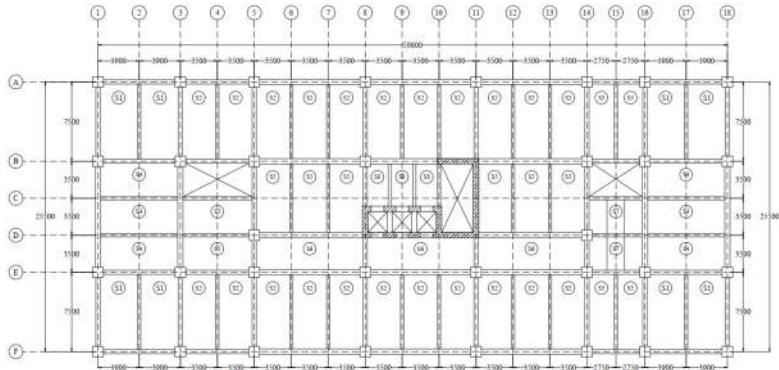
Gambar 4.1 Denah Balok Rencana

4.1.2 Perencanaan Dimensi Pelat

Pada perencanaan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya ini, pelat yang direncanakan hanya menggunakan 1 jenis pelat, yaitu pelat satu arah.

Pelat satu arah merupakan pelat yang rasio panjang dan lebarnya (β) lebih dari atau sama dengan 2. Pada pelat satu arah, pembebanan yang diterima akan diteruskan pada balok-balok pemikul bagian yang lebih panjang dan hanya sebagian kecil saja

yang akan diteruskan pada gelagar pemikul bagian yang lebih pendek. Penentuan tebal pelat satu arah telah dibahas pada subbab 3.5.1.



Gambar 4.2 Denah Pelat Rencana

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan dimensi pelat:

- Pelat Tipe S3

Dimensi pelat = 275 x 750 cm

Tebal pelat rencana = 14 cm

$$L_n = 750 - \left(\frac{40 + 40}{2} \right) = 710 \text{ cm}$$

$$S_n = 275 - \left(\frac{40 + 30}{2} \right) = 240 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{710}{240} = 2.96 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{20} = \frac{275}{20} = 13.75 \text{ cm}$$

Sehingga direncanakan tebal pelat lantai dan atap menggunakan tebal 14 cm.

- Pelat Tipe S4

Dimensi pelat = 350 x 780 cm

Tebal pelat rencana = 14 cm

$$L_n = 780 - \left(\frac{50 + 50}{2} \right) = 730 \text{ cm}$$

$$S_n = 350 - \left(\frac{30 + 40}{2} \right) = 315 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{730}{315} = 2.32 > 2 \text{ (Pelat 1 Arah)}$$

$$h_{\min} = \frac{L}{20} = \frac{350}{20} = 17.50 \text{ cm}$$

Karena masih dalam tahap *preliminary design*, maka tebal pelat yang direncanakan boleh sedikit diatas maupun dibawah dari tebal minimum yang dihitung diatas. Maka direncanakan tebal pelat lantai dan atap untuk tipe S3 juga menggunakan tebal 14 cm.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan tebal pelat menurut variasi tipe pelat yang terdapat pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Rekapitulasi Tebal Pelat Lantai dan Atap

Tipe Pelat	Dimensi Pelat (cm)					Tipe Arah	Tebal (cm)	Tebal Rencana (cm)
	p	l	L _n	S _n	β			
S1	390	750	710	355	2.00	1	19.50	14
S2	350	750	700	320	2.19	1	17.50	14
S3	275	750	710	240	2.96	1	13.75	14
S4	350	780	730	315	2.32	1	17.50	14
S5	350	700	650	315	2.06	1	17.50	14
S6	350	1050	1010	300	3.37	1	17.50	14
S7	165	330	330	165	2.00	1	8.25	14
S8	235	450	400	200	2.00	1	11.75	14

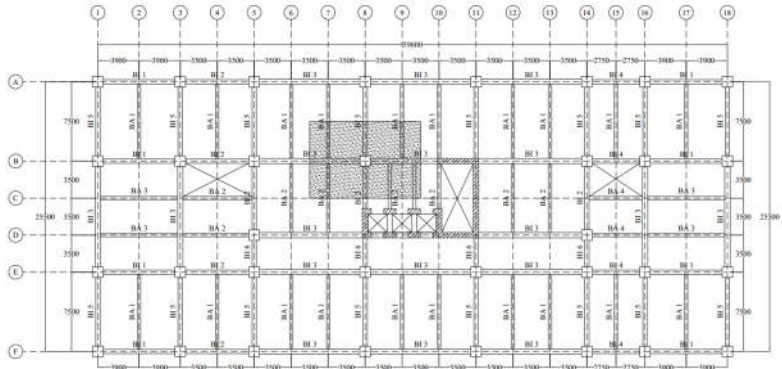
4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Pada Gambar 4.3, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 10.5 x 7.25 meter dari seperempat masing-masing luasan pelat yang diatasnya.

Direncanakan data-data sebagai berikut:

Tebal Pelat : 14 cm
 Tinggi Lantai *Basement* : 350 cm
 Tinggi Lantai 1 – 4 : 350 cm
 Tinggi Lantai 5 : 500 cm
 Tinggi Lantai 6 – 12 : 320 cm



Gambar 4.3 Kolom Tinjau Desain Awal

Pembebanan pada kolom berdasarkan ASCE/SEI 7-16 untuk beban hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati, yang diberikan di setiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Pada tugas akhir ini, direncanakan 3 tipe kolom yaitu tipe kolom 1 untuk lantai 1 – 5 dan tipe kolom 2 untuk lantai 6 dan tipe kolom 3 untuk lantai 7 – 12 (atap).

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan ASCE/SEI 7-16 pasal 4.7 dan 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL} \cdot A_T \geq 37.16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$A_T = 10.5 \times 7.25 = 76.13 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4$$

$$K_{LL} \times A_T = 76.13 \times 4 = 304.5 \text{ m}^2 \geq 37.16 \text{ m}^2 \text{ (OK)}$$

Berikut contoh perhitungan reduksi beban hidup pada pelat lantai atap dan pelat lantai lainnya:

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap
 $R_1 = 0.6$ (untuk $A_T \geq 55.74 \text{ m}^2$)
 $R_2 = 1$ (untuk atap datar)
 $L_r = L_0 \times R_1 \times R_2 = 96 \times 0.6 \times 1 = 57.6 \text{ kg/m}^2$
- Reduksi beban hidup pelat lantai koridor
 $L_0 = 479 \text{ kg/m}^2$
 $L = 479 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \geq 0.4 L_0$
 $L = 479 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{304.5}} \right) \geq 0.4 (479)$
 $L = 245.20 \geq 191.60 \text{ kg/m}^2$
- Reduksi beban hidup pelat lantai hunian ruang
 $L_0 = 192 \text{ kg/m}^2$
 $L = 192 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} A_T}} \right) \geq 0.4 L_0$
 $L = 192 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{304.5}} \right) \geq 0.4 (192)$
 $L = 98.28 \geq 76.8 \text{ kg/m}^2 \text{ (OK)}$

Berikut adalah tabel pembebanan pada kolom yang ditinjau sebagai *preliminary design*:

Tabel 4.4 Beban yang diterima Kolom untuk Lt. 6 – Lt. 12

Pelat Lt. 12 (Atap)						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai 12 (14 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.14	25578.00
Aspal	14	kg/m ²	10.5	7.25		1065.75
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00

BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						53346.38
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Lantai atap	57.6	kg/m ²	10.5	7.25		4384.80
Air Hujan	20	kg/m ²	10.5	7.25		1522.50
W _L =						5907.30
Pelat Lt. 6-11						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.14	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	27.7		3.2	8864.00
Kolom 80/80	2400	kg/m ³	0.8	0.8	3.2	4915.20
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						67886.83

Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Kamar (Atas)	98.28	kg/m ²	10.5	1.65		1702.76
Kamar (Bawah)	98.28	kg/m ²	3.5	5.25		1805.96
W _L =						13420.78

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W_{DL} = 53346.38 (1) + 67886.83 (6) = 460667.33 \text{ kg}$$

$$W_{LL} = 5907.30 (1) + 13420.78 (6) = 86431.96 \text{ kg}$$

$$W = 1.2W_{DL} + 1.6W_{LL} = 691091.93 \text{ kg}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{W}{\phi f'_c} = \frac{3(691091.93)}{400} = 5183.19 \text{ cm}^2$$

Direncanakan:

$$b = h$$

$$b = h = 5183.19^{0.5} = 71.99 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom dengan ukuran 80/80 cm untuk lantai 6 – lantai 12.

Tabel 4.5 Beban yang diterima Kolom untuk Lt. 1 – Lt. 5

Pelat Lt. 5						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.14	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63

Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	20.9		5	10450.00
Kolom 80/80	2400	kg/m ³	0.8	0.8	5	7680.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						72237.63
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
<i>Spa</i>	479.00	kg/m ²	5.25	1.65		4149.34
<i>H&B Treatments</i>	479.00	kg/m ²	5.25	1.65		4149.34
<i>Café</i>	479.00	kg/m ²	3.5	5.25		8801.63
W _L =						27012.36
Pelat Lt. 2-4						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.14	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	27.7		3.5	9695.00

Kolom 100/100	2400	kg/m ³	1	1	3.5	8400.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						72202.63
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Koridor Ruang	245.20	kg/m ²	10.5	2.1		5406.58
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
Kamar (Atas)	98.28	kg/m ²	10.5	1.65		1702.76
Kamar (Bawah)	98.28	kg/m ²	3.5	5.25		1805.96
W _L =						13420.78
Pelat Lt. 1						
Beban Mati	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	10.5	7.25	0.14	25578.00
Plafon	11	kg/m ²	10.5	7.25		837.38
Penggantung	7	kg/m ²	10.5	7.25		532.88
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²	10.5	7.25		2283.75
Keramik	24	kg/m ²	10.5	7.25		1827.00
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²	10.5	7.25		1598.63
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	8.75		3.5	3062.50
Kolom 100/100	2400	kg/m ³	1	1	3.5	8400.00

BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 3	2400	kg/m ³	0.5	5.25	0.75	4725.00
BI 5	2400	kg/m ³	0.4	3.75	0.7	2520.00
BI 2	2400	kg/m ³	0.4	3.5	0.7	2352.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 2	2400	kg/m ³	0.3	3.5	0.55	1386.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
BA 1	2400	kg/m ³	0.3	3.75	0.55	1485.00
W _D =						65570.13
Beban Hidup	Berat Sendiri	Satuan	b (m)	L (m)	t (m)	Berat (kg)
<i>Lobby</i>	245.20	kg/m ²	10.5	3.75		9654.61
Koridor Lift	245.20	kg/m ²	5.25	3.5		4505.48
<i>Office</i>	122.85	kg/m ²	5.25	3.5		2257.44
W _L =						16417.53

Jadi berat total yang diterima satu kolom:

$$W_{DL} = 460667.33 + 72237.63 (1) + 72202.63 (3) + 65570.13 (1)$$

$$W_{DL} = 815082.95 \text{ kg}$$

$$W_{LL} = 86431.96 + 27012.36 (1) + 13420.78 (3) + 16417.53 (1)$$

$$W_{LL} = 170124.19 \text{ kg}$$

$$W = 1.2W_{DL} + 1.6W_{LL} = 1250298.24 \text{ kg}$$

$$f'_c = 45 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{W}{\phi f'_c} = \frac{3(1250298.24)}{450} = 8335.32 \text{ cm}^2$$

Direncanakan:

$$b = h$$

$$b = h = 8335.32^{0.5} = 91.30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan kolom dengan ukuran 100/100 cm untuk lantai 1 – lantai 5.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Dinding Geser

Menurut ACI 318M-14 pasal 11.3.1.1, ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang

bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm.

Direncanakan:

Tebal rencana dinding geser = 50 cm

Panjang bentang = 1050 cm

Tinggi lantai = 500 cm

Kontrol:

$H/25 = 500/25 = 20 \text{ cm} < 50 \text{ cm (OK)}$

$L/25 = 1000/25 = 40 \text{ cm} < 50 \text{ cm (OK)}$

Jadi, tebal *shear wall* sebesar 50 cm telah memenuhi syarat ACI 318M-14 pasal 11.3.1.1.

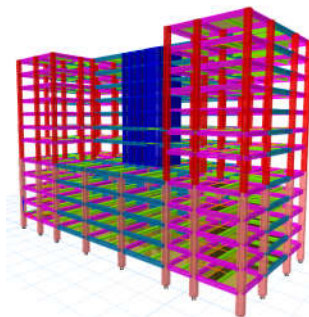
4.2 Pembebanan dan Analisa Struktur

4.2.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan ASCE/SEI 7-16, PPIUG 1983, dan ACI 318M-14 serta pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

4.2.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dalam tugas akhir ini dimodifikasi sehingga memiliki total 12 lantai dan 1 lantai *basement*, tinggi total gedung ± 41.70 meter (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Permodelan Struktur pada ETABS

4.2.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input Beban Sendiri

Mutu Beton (f'_c)

- Balok = 35 MPa

- Kolom

Lantai 1 – Lantai 5 = 40 MPa

Lantai 6 – Lantai 12 (atap) = 45 MPa

Mutu Baja (f_y) = 420 MPa

Ketinggian Lantai

- Lantai Basement – Lantai 5 = 3.5 m

- Lantai 5 – Lantai 6 = 5 m

- Lantai 6 – Lantai 12 (atap) = 3.2 m

Dimensi Balok

- Balok Induk (BI)

BI 1, BI 2, BI 4, BI 5 = 40 x 70 cm

BI 3 = 50 x 75 cm

- Balok Anak (BA)

BA 1, BA 2, BA 3 = 30 x 55 cm

Dimensi Kolom

- Lantai 1 – Lantai 5 = 100 x 100 cm

- Lantai 6 – Lantai 12 (atap) = 80 x 80 cm

- Input Beban Hidup

Lantai Atap	= 57.6 kg/m ²
Air Hujan	= 20 kg/m ²
Koridor	= 245.20 kg/m ²
Kamar	= 98.28 kg/m ²
Lantai Atap Taman	= 479 kg/m ²
<i>Gym</i>	= 479 kg/m ²
Ruang Ganti	= 479 kg/m ²
<i>Business Services</i>	= 479 kg/m ²
<i>Meeting Room</i>	= 479 kg/m ²
<i>Spa</i>	= 479 kg/m ²
<i>H&B Treatments</i>	= 479 kg/m ²
<i>Indoor Sports</i>	= 479 kg/m ²
<i>Laundry</i>	= 479 kg/m ²
<i>Kids Playroom</i>	= 479 kg/m ²
<i>Child Care</i>	= 479 kg/m ²
<i>Computer Room</i>	= 479 kg/m ²
<i>Office</i>	= 122.85 kg/m ²
Ruang Pengawas	= 122.85 kg/m ²
Toko	= 245.20 kg/m ²
<i>Restaurant / Café</i>	= 479 kg/m ²
Ruang Mesin	= 479 kg/m ²
ATM Centre	= 479 kg/m ²

- Input Beban Mati Tambahan

Plafon	= 11 kg/m ²
Penggantung	= 7 kg/m ²
<i>Ducting dan Plumbing</i>	= 30 kg/m ²
Keramik	= 24 kg/m ²
Spesi	= 21 kg/m ³
Aspal	= 14 kg/m ²
Dinding Bata Ringan	= 100 kg/m ²
Dinding <i>Laminated Glass</i>	= 60 kg/m ²

Rekapitulasi pembebanan gravitasi secara manual dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Rekapitulasi Pembebanan

Lantai 12 (Atap)						
Beban Mati	Berat Sendiri		t (m)	Luas Total (m ²)		Berat (kg)
Pelat Atap	2400	kg/m ³	0.14	1173.3		394228.8
Aspal	14	kg/m ²		1173.3		16426.2
Spesi	21	kg/m ²		1173.3		24639.3
Plafon	11	kg/m ²		1173.3		12906.3
Penggantung	7	kg/m ²		1173.3		8213.1
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²		1173.3		35199.0
			L (m)	b (m)	h (m)	Berat (kg)
BI 1	2400	kg/m ³	62.4	0.4	0.7	41932.8
BI 2	2400	kg/m ³	46.5	0.4	0.7	31248.0
BI 3	2400	kg/m ³	129.5	0.5	0.75	116550.0
BI 4	2400	kg/m ³	22	0.4	0.7	14784.0
BI 5	2400	kg/m ³	105	0.4	0.7	70560.0
BI 6	2400	kg/m ³	7	0.4	0.7	4704.0
BA 1	2400	kg/m ³	104.5	0.3	0.55	41382.0
BA 2	2400	kg/m ³	55.5	0.3	0.55	21978.0
BA 3	2400	kg/m ³	31.2	0.3	0.55	12355.2
BA 4	2400	kg/m ³	11	0.3	0.55	4356.0
W _D =						851462.7
Beban Hidup	Berat Sendiri		Luas Total (m ²)			Berat (kg)
Lantai Atap	57.60	kg/m ²	1173.3			67582.1
Air Hujan	20.00	kg/m ²	1173.3			23466.0
W _L =						91048.1
Lantai 6-11						
Beban Mati	Berat Sendiri		t (m)	Luas total (m ²)		Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	0.14	1173.3		394228.8
Plafon	11	kg/m ²		1173.3		12906.3
Penggantung	7	kg/m ²		1173.3		8213.1

Ducting dan Plumbing	30	kg/m ²		1173.3		35199.0
Keramik	24	kg/m ²		1173.3		28159.2
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²		1173.3		24639.3
			L (m)	b (m)	h (m)	Berat (kg)
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	564.8		3.2	180736.0
BI 1	2400	kg/m ³	62.4	0.4	0.7	41932.8
BI 2	2400	kg/m ³	46.5	0.4	0.7	31248.0
BI 3	2400	kg/m ³	129.5	0.5	0.75	116550.0
BI 4	2400	kg/m ³	22	0.4	0.7	14784.0
BI 5	2400	kg/m ³	105	0.4	0.7	70560.0
BI 6	2400	kg/m ³	7	0.4	0.7	4704.0
BA 1	2400	kg/m ³	104.5	0.3	0.55	41382.0
BA 2	2400	kg/m ³	55.5	0.3	0.55	21978.0
BA 3	2400	kg/m ³	31.2	0.3	0.55	12355.2
BA 4	2400	kg/m ³	11	0.3	0.55	4356.0
W _D =						1043931.7
Beban Hidup	Berat Sendiri		Luas Total (m ²)			Berat (kg)
Kamar	98.28	kg/m ²	763.8			75068.8
Koridor	245.20	kg/m ²	277.55			68054.2
W _L =						143123.0
Lantai 5						
Beban Mati	Berat Sendiri		t (m)	Luas total (m ²)		Berat (kg)
Bagian Dalam						
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	0.14	1173.3		394228.8
Plafon	11	kg/m ³		1173.3		12906.3
Penggantung	7	kg/m ³		1173.3		8213.1
Ducting dan Plumbing	30	kg/m ³		1173.3		35199.0
Keramik	24	kg/m ³		1173.3		28159.2
Spesi (1 cm)	21	kg/m ³		1173.3		24639.3
Bagian Taman						
Pelat Atap	2400	kg/m ³	0.14	346.5		116424.0

Aspal	14	kg/m ²		346.5		4851.0
Spesi	21	kg/m ²		346.5		7276.5
Plafon	11	kg/m ²		346.5		3811.5
Penggantung	7	kg/m ²		346.5		2425.5
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²		346.5		10395.0
			L (m)	b (m)	h (m)	Berat (kg)
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	509.6		5	254800.0
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	31.5		1	3150.0
Dinding Kaca	60	kg/m ²	21		5	6300.0
BI 1	2400	kg/m ³	62.4	0.4	0.7	41932.8
BI 2	2400	kg/m ³	46.5	0.4	0.7	31248.0
BI 3	2400	kg/m ³	161	0.5	0.75	144900.0
BI 4	2400	kg/m ³	22	0.4	0.7	14784.0
BI 5	2400	kg/m ³	120	0.4	0.7	80640.0
BI 6	2400	kg/m ³	14	0.4	0.7	9408.0
BA 1	2400	kg/m ³	149.5	0.3	0.55	59202.0
BA 2	2400	kg/m ³	55.5	0.3	0.55	21978.0
BA 3	2400	kg/m ³	31.2	0.3	0.55	12355.2
BA 4	2400	kg/m ³	11	0.3	0.55	4356.0
W _D =						1333583.2
Beban Hidup	Berat Sendiri		Luas Total (m ²)			Berat (kg)
<i>Gym</i>	479.00	kg/m ²	763.8			365860.2
<i>Business Services</i>		kg/m ²				
<i>Meeting Room</i>		kg/m ²				
Ruang Ganti		kg/m ²				
<i>Spa</i>		kg/m ²				
<i>H&B Treatments</i>		kg/m ²				
<i>Indoor Sports</i>		kg/m ²				
<i>Laundry</i>		kg/m ²				

<i>Kids Playroom</i>		kg/m ²				
<i>Child Care</i>		kg/m ²				
<i>Computer Room</i>		kg/m ²				
<i>Café</i>		kg/m ²				
Taman	479.00	kg/m ²	346.5			165973.5
Koridor	245.20	kg/m ²	277.55			68054.2
W _L =						599887.9
Lantai 2-4						
Beban Mati	Berat Sendiri		t (m)	Luas Total (m ²)		Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	0.14	1519.8		510652.8
Plafon	11	kg/m ²		1519.8		16717.8
Penggantung	7	kg/m ²		1519.8		10638.6
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²		1519.8		45594.0
Keramik	24	kg/m ²		1519.8		36475.2
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²		1519.8		31915.8
			L (m)	b (m)	h (m)	Berat (kg)
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	680.8		3.5	238280.0
BI 1	2400	kg/m ³	62.4	0.4	0.7	41932.8
BI 2	2400	kg/m ³	46.5	0.4	0.7	31248.0
BI 3	2400	kg/m ³	161	0.5	0.75	144900.0
BI 4	2400	kg/m ³	22	0.4	0.7	14784.0
BI 5	2400	kg/m ³	120	0.4	0.7	80640.0
BI 6	2400	kg/m ³	14	0.4	0.7	9408.0
BA 1	2400	kg/m ³	149.5	0.3	0.55	59202.0
BA 2	2400	kg/m ³	55.5	0.3	0.55	21978.0
BA 3	2400	kg/m ³	31.2	0.3	0.55	12355.2
BA 4	2400	kg/m ³	11	0.3	0.55	4356.0
W _D =						1311078.2
Beban Hidup	Berat Sendiri		Luas Total (m ²)			Berat (kg)
Kamar	98.28	kg/m ²	1000.05			98288.2

Koridor	245.20	kg/m ²	387.8			95087.1
W _L =					193375.4	
Lantai 1						
Beban Mati	Berat Sendiri		t (m)	Luas Total (m ²)		Berat (kg)
Pelat Lantai (14 cm)	2400	kg/m ³	0.14	1519.8		510652.8
Plafon	11	kg/m ²		1519.8		16717.8
Penggantung	7	kg/m ²		1519.8		10638.6
<i>Ducting dan Plumbing</i>	30	kg/m ²		1519.8		45594.0
Keramik	24	kg/m ²		1519.8		36475.2
Spesi (1 cm)	21	kg/m ²		1519.8		31915.8
			L (m)	b (m)	h (m)	Berat (kg)
Dinding Bata Ringan	100	kg/m ²	579.8		3.5	202930.0
BI 1	2400	kg/m ³	62.4	0.4	0.7	41932.8
BI 2	2400	kg/m ³	46.5	0.4	0.7	31248.0
BI 3	2400	kg/m ³	161	0.5	0.75	144900.0
BI 4	2400	kg/m ³	22	0.4	0.7	14784.0
BI 5	2400	kg/m ³	120	0.4	0.7	80640.0
BI 6	2400	kg/m ³	14	0.4	0.7	9408.0
BA 1	2400	kg/m ³	149.5	0.3	0.55	59202.0
BA 2	2400	kg/m ³	55.5	0.3	0.55	21978.0
BA 3	2400	kg/m ³	31.2	0.3	0.55	12355.2
BA 4	2400	kg/m ³	11	0.3	0.55	4356.0
W _D =					1275728.2	
Beban Hidup	Berat Sendiri		Luas total (m ²)			Berat (kg)
Toko	245.20	kg/m ²	544.75			133570.7
Koridor	245.20	kg/m ²	501.2			122892.4
<i>Restaurant</i>	479.00	kg/m ²	59.85			28668.2
<i>Café</i>	479.00	kg/m ²	59.85			28668.2
<i>ATM Centre</i>	479.00	kg/m ²	37.8			18106.2
Ruang Pengawas	122.85	kg/m ²	56.7			6965.8
Ruang Mesin	479.00	kg/m ²	29.7			14226.3

<i>Office</i>	122.85	kg/m ²	98	12039.7
$W_L =$				365137.5

Tabel 4.7 Hasil Pembebanan pada ETABS

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
D+L	0	0	19631064.93	267718719.6	-587068468	1.44

Tabel 4.8 Kontrol Pembebanan Gravitasi

Keterangan	n Lantai	W_D	W_L
		kg	kg
Lt. 12	1	851,462.70	91,048.08
Lt. 6-11	6	6,263,590.20	858,738.21
Lt. 5	1	1,333,583.20	599,887.95
Lt. 2-4	3	3,933,234.60	580,126.09
Lt. 1	1	1,275,728.20	365,137.47
Kolom	All	2,494,684.80	
<i>Shear Wall</i>	All	1,273,518.00	
Total		17,425,801.70	2,494,937.80
$W_D + W_L$		19,920,739.50	
$W_D + W_L$ ETABS		19,631,064.93	
Kontrol Selisih		1.48%	

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual ($\pm 5\%$) agar pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan selisih antara pembebanan ETABS dengan pembebanan manual:

$$\text{Selisih} = \left(\frac{19,920,739.50}{19,631,064.93} - 1 \right) \times 100\% = 1.48\%$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa pembebanan gravitasi pada program bantu ETABS sudah benar.

4.2.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa yang digunakan pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1726:2012.

4.2.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori risiko pada peraturan. Untuk gedung apartemen / rumah susun termasuk kategori II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

4.2.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Kelas situs pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

4.2.4.3 Parameter Respons *Spectral* dan Percepatan *Spectral* Desain

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respons Spektrum (MCE). Data percepatan respons spektrum diambil dari *website* puskim.pu.go.id.

$$PGA (g) = 0.325$$

$$S_s (g) = 0.663$$

$$S_l (g) = 0.247$$

$$F_A = 1.27$$

$$F_V = 1.906$$

$$S_{DS} (g) = 0.561$$

$$S_{D1} (g) = 0.314$$

$$T_0 (s) = 0.112$$

$$T_s (s) = 0.56$$

4.2.4.4 Kategori Desain Seismik

Penentuan kategori desain seismik dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk nilai S_{DS} sebesar 0.561 dan S_{D1} sebesar 0.314 dengan kategori risiko bangunan II, maka kategori desain

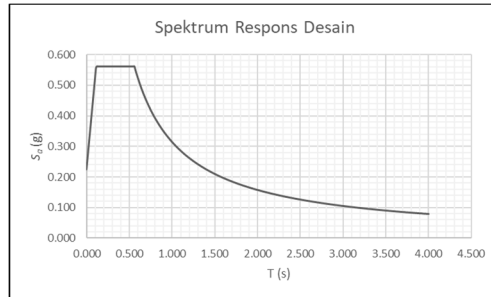
seismik termasuk dalam kategori D. Pada tugas akhir ini, struktur yang digunakan ialah sistem ganda dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser beton bertulang khusus.

4.2.4.5 Periode Fundamental dan Spektrum Respons Desain

Untuk periode fundamental dan spektrum respons desain dapat diperoleh dari *website* puskim.pu.go.id atau dengan menggunakan peraturan SNI 1726:2012 pasal 6.4.

Tabel 4.9 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respons Spektrum

T (s)	Sa (g)	T (s)	Sa (g)
0.000	0.224	2.260	0.139
0.112	0.561	2.360	0.133
0.560	0.561	2.460	0.128
0.660	0.476	2.560	0.123
0.760	0.413	2.660	0.118
0.860	0.365	2.760	0.114
0.960	0.327	2.860	0.110
1.060	0.296	2.960	0.106
1.160	0.271	3.060	0.103
1.260	0.249	3.160	0.099
1.360	0.231	3.260	0.096
1.460	0.215	3.360	0.093
1.560	0.201	3.460	0.091
1.660	0.189	3.560	0.088
1.760	0.178	3.660	0.086
1.860	0.169	3.760	0.084
1.960	0.160	3.860	0.081
2.060	0.152	3.960	0.079
2.160	0.145	4.000	0.079



Gambar 4.5 Grafik Spektrum Respons Desain

4.2.4.6 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu getar / periode alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan kekakuan. Nilai periode desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana. Penentuan periode didasarkan pada peraturan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2, yaitu:

$$T = T_a C_u$$

Dimana:

T_a = periode fundamental pendekatan (s)

C_u = koefisien untuk batas atas periode

Periode fundamental pendekatan sendiri ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Sementara itu, untuk nilai C_t dan h_n diperoleh dari Tabel 4.10 berikut:

Tabel 4.10 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih		

kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0.0724 ^a	0.8
Rangka beton pemikul momen	0.0466 ^a	0.9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0.0731 ^a	0.75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0.0731 ^a	0.75
Semua sistem struktur lainnya	0.0488 ^a	0.75

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_a = 0.0488 \times 38.2^{0.75}$$

$$T_a = 0.75 \text{ s} \rightarrow \text{batas bawah}$$

Selain itu juga harus dilakukan pengecekan terhadap batas atas perioda.

Tabel 4.11 Koefisien Batas Atas Perioda

Parameter Percepatan Respons Spectral Desain pada 1 Detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Dengan nilai $S_{D1} = 0.314$, maka koefisien C_u diambil sebesar 1.4.

$$T = T_a C_u$$

$$T = 0.75 \times 1.4$$

$$T = 1.05 \text{ s} \rightarrow \text{batas atas}$$

Dengan menggunakan program bantu ETABS, didapat nilai perioda berdasarkan *mode* untuk masing-masing arah sebagai berikut:

Tabel 4.12 Periode Fundamental

Case	Mode	Period (sec)
Modal	1	1.367
Modal	2	1.287
Modal	3	1.173
Modal	4	0.415
Modal	5	0.396
Modal	6	0.375
Modal	7	0.236
Modal	8	0.213
Modal	9	0.21
Modal	10	0.142
Modal	11	0.129
Modal	12	0.123
Modal	13	0.104
Modal	14	0.099
Modal	15	0.089
Modal	16	0.074
Modal	17	0.069
Modal	18	0.062
Modal	19	0.055
Modal	20	0.055

$$T_x = 1.287 \text{ s (mode 2)}$$

$$T_y = 1.367 \text{ s (mode 1)}$$

Karena nilai perioda yang diperoleh pada program bantu ETABS melebihi batas atas perioda, maka digunakan nilai perioda berikut:

$$T_x = 1.287 \text{ s} > 1.05 \text{ s} \rightarrow T_x = 1.05 \text{ s}$$

$$T_y = 1.367 \text{ s} > 1.05 \text{ s} \rightarrow T_y = 1.05 \text{ s}$$

4.2.4.7 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai R yang dipakai yaitu 7 untuk sistem ganda dengan rangka beton bertulang pemikul momen khusus dan dinding geser beton bertulang khusus.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0.561$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$C_s = \frac{S_{DS} \times I_e}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0.561 \times 1}{7} = 0.080$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \frac{R}{I_e}}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0.561$$

$$I_e = 1$$

$$R = 7$$

$$T = 1.05 \text{ s}$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1} \times I_e}{R \times T} = \frac{0.314 \times 1}{7 \times 1.05} = 0.043$$

$$C_{s \min} = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0.01$$

$$C_{s \min} = 0.044 \times 0.561 \times 1 \geq 0.01$$

$$C_{s \min} = 0.025 \geq 0.01$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka nilai C_{sx} dan C_{sy} diambil sebesar $C_{s \max} = 0.043$. Kemudian besar faktor reduksi beban hidup untuk fungsi gedung sebagai hunian sebesar 0.3. Berat seismik efektif bangunan dari ETABS dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut:

Tabel 4.13 Berat Seismik Bangunan

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
D+0.3L	0	0	17797388.41	242856033.3	-532666024	1.26

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$V_x = C_{sx} \times W$$

$$V_x = 0.043 \times 17797388.41$$

$$V_x = 760,488.25 \text{ kg}$$

$$V_y = V_x$$

$$V_y = 760,488.25 \text{ kg}$$

Apabila kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0.85 \times \frac{V}{V_t}$ sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1. Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (V_t) pada Tabel 4.14 berikut:

Tabel 4.14 Gaya Geser Dinamik

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Eq x Max	541309.86	326770.12	0	9315834.01	14044733.67	13693844.12
Eq y Max	332124.93	503809.74	0	12957379.29	9204725.37	18133365.53

Tabel 4.15 Rekapitulasi Gaya Geser Statik - Dinamik

Gaya Geser	V_x	V_y
	kgf	kgf
Statik	760,488.25	760,488.25
85% Statik	646,415.01	646,415.01
Dinamik	541309.86	503809.74

Berdasarkan Tabel 4.15, gaya geser dinamik < 85% gaya geser statik, maka faktor skala gaya harus diberikan.

$$\text{Faktor skala arah X} = \frac{646,415.01}{541309.86} = 1.19$$

$$\text{Faktor skala arah Y} = \frac{646,415.01}{503809.74} = 1.28$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan *running* ulang pada program analisis. Hasil dari *running* ulang tersebut sesuai Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Gaya Geser Dinamik Setelah Faktor Skala

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Eq x Max	651041.95	399122.62	0	11340215.78	16898844.77	16646494
Eq y Max	424258.16	653485.36	0	16795959.38	11784939.74	23496849.5

Tabel 4.17 Rekapitulasi Gaya Geser Statik - Dinamik Setelah Koreksi Faktor Skala

Gaya Gempa	Vx	Vy
	kgf	kgf
Statik	760,488.25	760,488.25
85% Statik	646,415.01	646,415.01
Dinamik	651,041.95	653,485.36

Ternyata hasil dari *running* ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1. Selanjutnya geser dasar ragam hasil *running* ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

4.2.4.8 Kontrol Sistem Ganda

Sistem rangka pemikul momen harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan *shear wall*.

Tabel 4.18 Kontrol Sistem Ganda

Pemikul Gaya Geser	Gempa X		Gempa Y	
	Fx (kg)	%	Fy (kg)	%
<i>Shear Wall</i>	468,598.5	64.13%	480,009.8	67.33%

SRPM	262,115.9	35.87%	232,866.6	32.67%
Total	730,714.4	100.00%	712,876.4	100.00%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur *dual system*.

4.2.4.9 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

Tabel 4.19 Total Partisipasi Massa

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	98.65
Modal	Acceleration	UY	100	96.93
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. Maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

4.2.4.10 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Berdasarkan Tabel 16 pada SNI 1726:2012 untuk jenis struktur yang masuk kedalam tipe semua struktur lainnya dan berada pada kategori risiko II, batas simpangan antar lantai ijin adalah $0.020 h_{sx}$, dimana h_{sx} merupakan tinggi antar tingkat. Maka dari perhitungan diatas didapat:

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times 3200 = 64 \text{ mm} \rightarrow \text{lantai 6-12 (atap)}$$

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times 5000 = 100 \text{ mm} \rightarrow \text{lantai 5-6}$$

$$\Delta_{ijin} = 0.020 \times 3500 = 70 \text{ mm} \rightarrow \text{lantai 1-5}$$

Berikut hasil perhitungan kontrol simpangan antar tingkat yang terjadi akibat pengaruh gempa rencana:

Tabel 4.20 Simpangan Antar Tingkat Ijin X

<i>Story</i>	h_{sx}	δ_{ei}	δ_i	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
12	3200	16.3	89.65	4.6255	64	OK
11	3200	15.459	85.0245	5.412	64	OK
10	3200	14.475	79.6125	6.171	64	OK
9	3200	13.353	73.4415	6.9135	64	OK
8	3200	12.096	66.528	7.612	64	OK
7	3200	10.712	58.916	8.228	64	OK
6	5000	9.216	50.688	14.355	100	OK
5	3500	6.606	36.333	9.13	70	OK
4	3500	4.946	27.203	8.844	70	OK
3	3500	3.338	18.359	8.1565	70	OK
2	3500	1.855	10.2025	6.6935	70	OK
1	3500	0.638	3.509	3.509	70	OK

Tabel 4.21 Simpangan Antar Tingkat Ijin Y

<i>Story</i>	h_{sx}	δ_{ei}	δ_i	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket.
	mm	mm	mm	mm	mm	
12	3200	22.943	126.1865	8.3985	64	OK
11	3200	21.416	117.788	9.196	64	OK
10	3200	19.744	108.592	9.878	64	OK
9	3200	17.948	98.714	10.4995	64	OK
8	3200	16.039	88.2145	11.055	64	OK
7	3200	14.029	77.1595	11.506	64	OK
6	5000	11.937	65.6535	19.151	100	OK
5	3500	8.455	46.5025	12.2045	70	OK
4	3500	6.236	34.298	11.495	70	OK

3	3500	4.146	22.803	10.296	70	OK
2	3500	2.274	12.507	8.2555	70	OK
1	3500	0.773	4.2515	4.2515	70	OK

Contoh perhitungan:

$$\delta_{e12} = 22.943 \text{ mm}$$

$$\delta_{i12} = \frac{C_d \times \delta_{e12}}{I_e} = \frac{5.5 \times 22.943}{1} = 126.1865 \text{ mm}$$

$$\delta_{e11} = 21.416 \text{ mm}$$

$$\delta_{i11} = \frac{C_d \times \delta_{e11}}{I_e} = \frac{5.5 \times 21.416}{1} = 117.788 \text{ mm}$$

$$\Delta_{12} = \delta_{i12} - \delta_{i11}$$

$$\Delta_{12} = 126.1865 - 117.788$$

$$\Delta_{12} = 8.3985 \text{ mm} < \Delta_{ijin} = 64 \text{ mm (OK)}$$

4.2.4.11 Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

$$e_d = 1.5e + 0.05b$$

$$e_d = e - 0.05b$$

Dimana:

e = eksentrisitas asli bangunan diperoleh dari selisih nilai pusat massa dengan pusat rotasi

b = panjang gedung arah X untuk gempa arah Y

b = panjang gedung arah Y untuk gempa arah X

Perhitungan eksentrisitas dapat dilihat pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Kontrol Eksentrisitas Aktual

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		0.05b _y	0.05b _x	Kontrol	
	X	Y	X	Y	X	Y			X	Y
Story1	30.0083	12.5387	32.2137	13.0194	-2.2054	-0.4807	1.275	2.98	Not OK	OK
Story2	29.9959	12.6023	33.0762	12.7211	-3.0803	-0.1188	1.275	2.98	Not OK	OK
Story3	29.9959	12.6023	33.5226	12.4246	-3.5267	0.1777	1.275	2.98	Not OK	OK
Story4	29.9959	12.6023	33.7288	12.2065	-3.7329	0.3958	1.275	2.98	Not OK	OK
Story5	30.0441	12.8673	33.8019	12.082	-3.7578	0.7853	1.275	2.98	Not OK	OK
Story6	29.8966	14.6088	33.8099	12.0668	-3.9133	2.542	1.275	2.98	Not OK	OK
Story7	29.8379	14.6386	33.7578	12.0808	-3.9199	2.5578	1.275	2.98	Not OK	OK
Story8	29.8379	14.6386	33.6527	12.1111	-3.8148	2.5275	1.275	2.98	Not OK	OK
Story9	29.8379	14.6386	33.5087	12.1573	-3.6708	2.4813	1.275	2.98	Not OK	OK
Story10	29.8379	14.6386	33.3396	12.2112	-3.5017	2.4274	1.275	2.98	Not OK	OK
Story11	29.8379	14.6386	33.1666	12.2593	-3.3287	2.3793	1.275	2.98	Not OK	OK
Story12	29.8186	14.7425	33.0342	12.2906	-3.2156	2.4519	1.275	2.98	Not OK	OK

Dari hasil perhitungan dan kontrol eksentrisitas aktual akibat eksentrisitas tak terduga diatas, didapatkan bahwa hanya eksentrisitas arah Y telah memenuhi syarat $e_Y > 0.05 b_X$. Maka diperlukan perhitungan untuk mencari pusat massa baru.

Tabel 4.23 Perhitungan Eksentrisitas Rencana Tiap Lantai

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		$e_d = 1.5e + 0.05b$		$e_d = e - 0.05b$		e_d pakai	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Story1	30.0083	12.5387	32.2137	13.0194	-2.2054	-0.4807	2.0331	2.25895	3.4804	3.4607	3.4804	3.4607
Story2	29.9959	12.6023	33.0762	12.7211	-3.0803	-0.1188	3.34545	2.8018	4.3553	3.0988	4.3553	3.0988
Story3	29.9959	12.6023	33.5226	12.4246	-3.5267	0.1777	4.01505	3.24655	4.8017	2.8023	4.8017	3.24655
Story4	29.9959	12.6023	33.7288	12.2065	-3.7329	0.3958	4.32435	3.5737	5.0079	2.5842	5.0079	3.5737
Story5	30.0441	12.8673	33.8019	12.082	-3.7578	0.7853	4.3617	4.15795	5.0328	2.1947	5.0328	4.15795
Story6	29.8966	14.6088	33.8099	12.0668	-3.9133	2.542	4.59495	6.793	5.1883	0.438	5.1883	6.793
Story7	29.8379	14.6386	33.7578	12.0808	-3.9199	2.5578	4.60485	6.8167	5.1949	0.4222	5.1949	6.8167
Story8	29.8379	14.6386	33.6527	12.1111	-3.8148	2.5275	4.4472	6.77125	5.0898	0.4525	5.0898	6.77125
Story9	29.8379	14.6386	33.5087	12.1573	-3.6708	2.4813	4.2312	6.70195	4.9458	0.4987	4.9458	6.70195
Story10	29.8379	14.6386	33.3396	12.2112	-3.5017	2.4274	3.97755	6.6211	4.7767	0.5526	4.7767	6.6211
Story11	29.8379	14.6386	33.1666	12.2593	-3.3287	2.3793	3.71805	6.54895	4.6037	0.6007	4.6037	6.54895
Story12	29.8186	14.7425	33.0342	12.2906	-3.2156	2.4519	3.5484	6.65785	4.4906	0.5281	4.4906	6.65785

4.3 Struktur Sekunder

4.3.1 Umum

Suatu gedung memiliki 2 komponen struktur, yaitu struktur primer dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, melainkan juga memiliki tegangan akibat pembebanan yang bekerja langsung pada bagian

struktur tersebut. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perhitungan atau perancangan struktur sekunder dari gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya yang meliputi tangga, pelat lantai, balok lift, dan balok anak.

4.3.2 Perencanaan Tangga

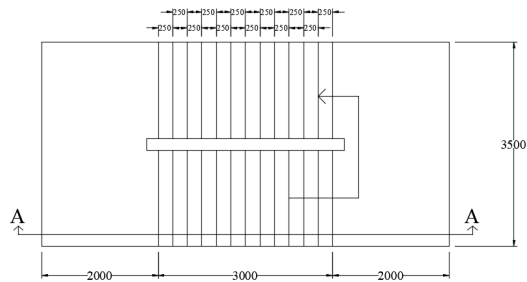
Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai struktur statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes).

4.3.2.1 Data Perencanaan Tangga

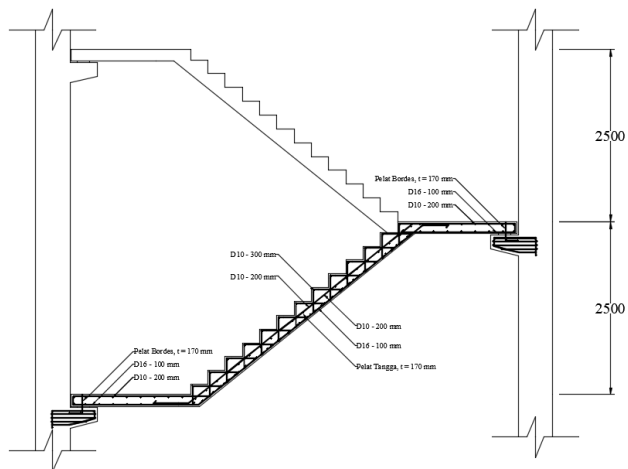
- Tinggi = 500 cm
- Tinggi Injakan = 20 cm
- Lebar Injakan = 25 cm
- Lebar Tangga = 175 cm
- Tebal Pelat Tangga = 17 cm
- Jumlah Tanjakan = 13 buah
- Jumlah Injakan = 12 buah
- Elevasi Bordes = 250 cm
- Panjang Bordes = 350 cm
- Lebar Bordes = 200 cm
- Tebal Bordes = 17 cm
- Panjang Horizontal Tangga = 300 cm
- Kemiringan Tangga = $\arctan \alpha$
 $\arctan \frac{250}{300}$
 39.81°
- T_r = $\frac{i}{2} \sin \alpha$
 $= \frac{25}{2} \sin(39.81)$
 $= 8 \text{ cm}$
- Tebal Pelat Rata-Rata = Tebal pelat tangga + T_r
 $= 17 + 8$
 $= 25 \text{ cm}$

Setelah menentukan data perencanaan tangga seperti diatas, dilakukan beberapa kontrol, yaitu:

- $60 \leq 2(t + i) \leq 65$
 $60 \leq 2(20 + 25) \leq 65$
 $60 \leq 65 \leq 65$ (OK)
- $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 39.81^\circ \leq 40^\circ$
 $25^\circ \leq 39.81^\circ \leq 40^\circ$ (OK)



Gambar 4.6 Denah Tangga



Gambar 4.7 Potongan A-A Tangga

4.3.2.2 Pembebanan Anak Tangga dan Bordes

- Pembebanan Anak Tangga

- Beban Mati

$$\text{Pelat Tangga} = \frac{0.25 \times 2400 \times 1.75}{\cos(39.81)} = 1366.79 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik} = 24 \times 1.75 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi 1 cm} = 21 \times 1.75 = 36.75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Railing} = 50 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 1494.54 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$q_L = 479 \times 1.75 = 838.25 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} q_1 &= 1.2 (1494.54) + 1.6 (838.25) \\ &= 3135.85 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Pembebanan Bordes

- Beban Mati

$$\text{Pelat Bordes} = 0.17 \times 2400 \times 1.75 = 714 \text{ kg/m}$$

$$\text{Keramik} = 24 \times 1.75 = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi 1 cm} = 21 \times 1.75 = 36.75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Railing} = 50 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 842.75 \text{ kg/m}$$

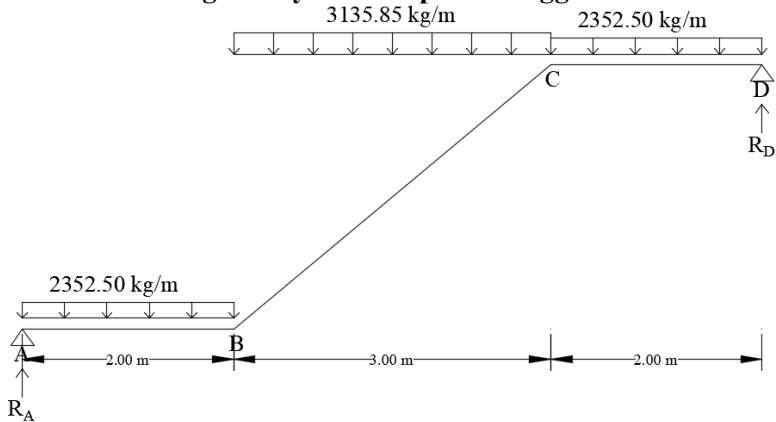
- Beban Hidup

$$q_L = 479 \times 1.75 = 838.25 \text{ kg/m}$$

- Kombinasi Beban

$$\begin{aligned} q_2 &= 1.2 (842.75) + 1.6 (838.25) \\ &= 2352.50 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

4.3.2.3 Perhitungan Gaya Dalam pada Tangga



Gambar 4.8 Beban pada Tangga

- Reaksi Perletakan
 - $\sum M_A = 0$

$$R_D (7) - q_1 (3) (2+1.5) - q_2 [(2)(5+1) + (2)(1)] = 0$$

$$R_D (7) - 3135.85 (3) (3.5) - 2352.50 [12+2] = 0$$

$$R_D = 9408.78 \text{ kg}$$
 - $\sum M_D = 0$

$$R_A (7) - q_1 (3) (2+1.5) - q_2 [(2)(5+1) + (2)(1)] = 0$$

$$R_A (7) - 3135.85 (3) (3.5) - 2352.50 [12+2] = 0$$

$$R_A = 9408.78 \text{ kg}$$
- Gaya Normal
 - Pada Bordes ($0 < X < 2$) dan ($5 < X < 7$)

$$N = 0 \text{ kg}$$
 - Pada Anak Tangga ($2 < X < 5$)

$$X = 2 \text{ m}$$

$$N_1 = - [R_A - q_2 (X)] \sin \alpha$$

$$= - 4703.78 \sin (39.81)$$

$$= - 3011.29 \text{ kg}$$

$$X = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 N_2 &= - [R_A - q_2(2)] \sin \alpha + q_1 (X - 2) \sin \alpha \\
 &= - 3011.29 + 3135.85 (3) \sin (39.81) \\
 &= 3011.29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya Lintang

- Pada Bordes ($0 < X < 2$) dan ($5 < X < 7$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= R_A \\
 &= 9408.78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$X = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= R_A - q_2 X \\
 &= 9408.78 - 2352.5 (2) \\
 &= 4703.78 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Pada Anak Tangga ($2 < X < 5$)

$$X = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_1 &= [R_A - q_2(X)] \cos \alpha \\
 &= 4703.78 \cos (39.81) \\
 &= 3613.54 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$X = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 D_2 &= [R_A - q_2(2)] \cos \alpha - q_1 (X - 2) \cos \alpha \\
 &= 3613.54 - 3135.85 (3) \cos (39.81) \\
 &= - 3613.54 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya Momen

- Pada Bordes ($0 < X < 2$) dan ($5 < X < 7$)

$$X = 0 \text{ m}$$

$$M_1 = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= R_A X - 0.5 q_2 X^2 \\
 &= 9408.78 (2) - 0.5 (2352.5) 2^2 \\
 &= 14112.56 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Pada Anak Tangga ($2 < X < 5$)

$$X = 2 \text{ m}$$

$$M_1 = 14112.56 \text{ kgm}$$

$$X = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= R_A X - q_2 (2)(X - 1) - 0.5 (q_1) (X - 2)^2 \\
 &= 9408.78 (5) - 2352.5 (2)(4) - 0.5 (3135.85) 3^2 \\
 &= 14112.56 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

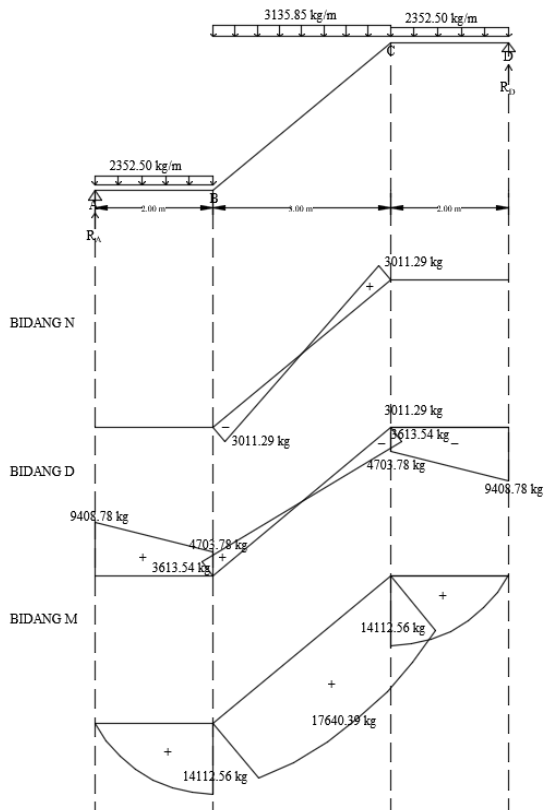
- Momen Maksimal

$$M_{\max} = R_A (2+X) - q_2 (2)(X+1) - 0.5 q_1 X^2$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$X = 1.5 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 17640.39 \text{ kgm}$$



Gambar 4.9 Gaya Dalam Bidang N, D, dan M

4.3.2.4 Perhitungan Tulangan Tangga

- Pelat Anak Tangga

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$D = 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\ &= 170 - 20 - (16/2) \\ &= 142 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\ &= 0.0018 \frac{420}{420} \\ &= 0.0018 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12 \end{aligned}$$

- Tulangan Longitudinal

$$M_u = 176,403,912.82 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{176,403,912.82}{0.90 \cdot 1750 \cdot 142^2} \\ &= 5.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 5.55}{420}} \right) \\ &= 0.015 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.015 > \rho_{\min}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.015 \times 1750 \times 142$$

$$= 3668.8 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = 2t_{\text{pelat}}$$

$$= 340 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}}$$

$$= 1750 \frac{0.25 \pi 16^2}{3668.8}$$

$$= 105.91 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 29.60 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{29.60}{0.80}$$

$$= 37.00 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.0085 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan longitudinal D16-100 mm

- Tulangan Bagi

$$A_{s \text{ bagi}} = 0.2 A_{s \text{ perlu}}$$

$$= 733.76 \text{ mm}^2$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 2t_{\text{pelat}}$$

$$= 340 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}}$$

$$= 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{733.76}$$

$$= 207.32 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan bagi D10-200 mm

- Tulangan Susut

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.018 \times 1750 \times 142 \\
 &= 447.3 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm} \\
 s &= b \frac{A_{\text{stulangan}}}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\
 &= 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{447.3} \\
 &= 307.28 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 300 \text{ mm} \\
 \therefore &\text{Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm}
 \end{aligned}$$

- Pelat Bordes

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 35 \text{ MPa} \\
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 D &= 16 \text{ mm} \\
 d_x &= t_{\text{pelat}} - \text{cover} - (D/2) \\
 &= 170 - 20 - (16/2) \\
 &= 142 \text{ mm} \\
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\
 &= 0.80 \\
 \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 &= 0.0018 \frac{420}{420} \\
 &= 0.0018 \\
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (35)} \\
 &= 14.12 \\
 - &\text{Tulangan Longitudinal} \\
 M_u &= 141,125,572.96 \text{ Nmm} \\
 \phi &= 0.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{141,125,572.96}{0.90 \cdot 1750 \cdot 142^2} \\
 &= 4.44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 4.44}{420}} \right) \\
 &= 0.0115
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0115 > \rho_{\text{min}} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0115 \times 1750 \times 142 \\
 &= 2861.86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max}} &= 2t_{\text{pelat}} \\
 &= 340 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\
 &= 1750 \frac{0.25 \pi 16^2}{2861.86} \\
 &= 122.95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 23.08 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{23.08}{0.80} \\
 &= 28.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.012 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan longitudinal D16-100 mm

- Tulangan Bagi

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ bagi} &= 0.2 A_s \text{ perlu} \\
 &= 572.37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 2t_{\text{pelat}} \\ = 340 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\ = 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{572.37} \\ = 240.13 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan bagi D10-200 mm

- Tulangan Susut

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ = 0.018 \times 1750 \times 142 \\ = 447.3 \text{ mm}^2$$

$$S_{\max} = 2t_{\text{pelat}} \\ = 340 \text{ mm}$$

$$s = b \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s\text{perlu}}} \\ = 1750 \frac{0.25 \pi 10^2}{447.3} \\ = 307.28 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 300 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

4.3.2.5 Rekapitulasi Tulangan Tangga

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan tangga. Untuk detail gambar dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.24 Rekapitulasi Penulangan Tangga

Bagian	Nama Struktur	Tulangan		
		Lentur	Bagi	Susut
Tangga (5m)	Pelat Tangga	D16 - 100 mm	D10 - 200 mm	D10 - 300 mm
	Pelat Bordes	D16 - 100 mm	D10 - 200 mm	D10 - 300 mm

4.3.3 Perencanaan Pelat Lantai dan Pelat Atap

Pada tugas akhir ini, terdapat dua jenis pelat yang akan direncanakan, yaitu pelat lantai dan pelat atap. Akan tetapi, untuk efisiensi kinerja sistem pracetak, pelat atap akan direncanakan sama dengan pelat lantai. Pelat yang digunakan ialah pelat *half slab* dengan tebal pelat pracetak setebal 9 cm dan *overtopping* setebal 5 cm. Dalam perencanaan pelat pada tugas akhir ini, terdapat 8 tipe pelat dan tiap tipe pelat dibagi lagi menjadi beberapa segmen. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses instalasi dan menyesuaikan dengan kapasitas angkat dari *tower crane* yang ada di Indonesia.

Perencanaan pelat didasarkan pada beberapa keadaan, yaitu saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit.

- Saat Pengangkatan

Keadaan ini terjadi pada saat instalasi pelat *half slab*, dimana dilakukan proses pengangkatan pelat ke tempat yang direncanakan. Pada saat pengangkatan, pelat dibagi dalam beberapa segmen sesuai dengan gambar pada lampiran. Pengangkatan direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 25 MPa.

- Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran *topping* yaitu komponen pracetak dan komponen *topping* belum menyatu dalam memikul beban, perletakkan pelat pada kondisi diasumsikan sebagai perletakan bebas.

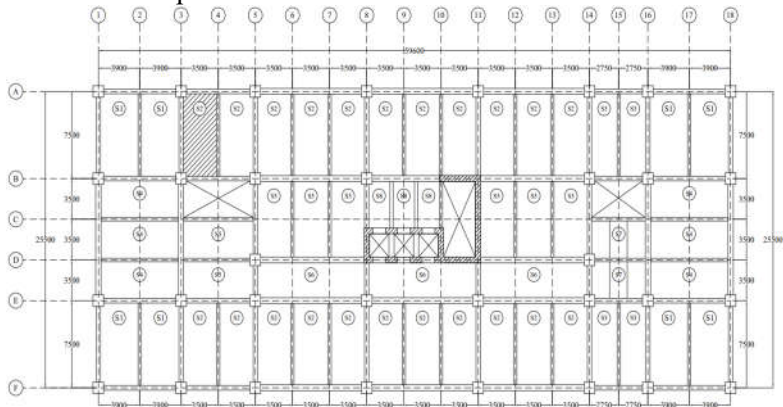
- Setelah Komposit

Keadaan ini terjadi saat *topping* dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban.

Penulangan yang digunakan ialah penulangan yang paling kritis dari ketiga keadaan diatas. Selain itu, dalam tugas akhir ini juga akan direncanakan tulangan angkat untuk pengangkatan pelat pracetak. Contoh perhitungan yang ditunjukkan pada subbab 4.3.3.1 ialah untuk pelat S2 dengan pembagian segmen pracetak ukuran 3.5 m x 1.5 m.

4.3.3.1 Data Perencanaan Pelat

- Tebal Pelat *Half Slab* = 9 cm
- Tebal Pelat *Full Slab* = 14 cm
- Mutu Beton (f'_c) = 35 MPa
- Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
- *Clear Cover* = 40 mm
- Diameter Tulangan = 10 mm
- Panjang Pelat = 7.5 m
- Lebar Pelat = 3.5 m
- Tipe Pelat = 1 Arah



Gambar 4.10 Pelat Lantai Tinjau

4.3.3.2 Pembebanan Pelat

Pelat direncanakan menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) berdasarkan ASCE/SEI 7-16 sesuai dengan fungsi masing-masing ruang pada apartemen.

- Setelah Komposit
 - Beban Mati

Pelat Lantai	= 2400×0.14	= 336 kg/m ²
Plafon		= 11 kg/m ²
Penggantungan		= 7 kg/m ²
Ducting dan Plumbing		= 30 kg/m ²

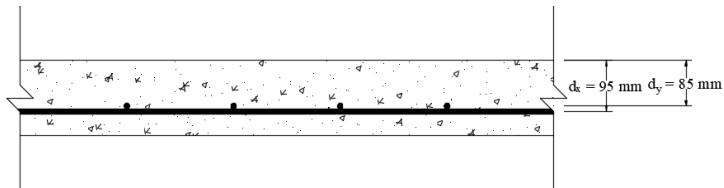
- Keramik = 24 kg/m²
- Spesi (1cm) = 21 kg/m²
- q_D = 429 kg/m²
- Beban Hidup
 - q_L = 479 kg/m²
- Kombinasi Beban
 - q 1 meter pias = 1.2 (429) + 1.6 (479) = 1281.2 kg/m
- Sebelum Komposit
 - Beban Mati
 - Pelat Lantai = 2400 × 0.09 = 216 kg/m²
 - Overtopping = 2400 × 0.05 = 120 kg/m²
 - q_D = 336 kg/m²
 - Beban Hidup
 - q_L = 100 kg/m²
 - Kombinasi Beban
 - q 1 meter pias = 1.2 (336) + 1.6 (100) = 563.2 kg/m

4.3.3.3 Perhitungan Tulangan Pelat

- Setelah Komposit
 - $$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7}$$

$$= 0.80$$



Gambar 4.11 Potongan Pelat S2 Setelah Komposit

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - cc - 0.5D \\
 &= 140 - 40 - 0.5(10) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= h - cc - D_{\text{arah } x} - 0.5D_{\text{arah } y} \\
 &= 140 - 40 - 10 - 0.5(10) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (35)} \\
 &= 14.12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 &= 0.0018 \frac{420}{420} \\
 &= 0.0018
 \end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} q L^2 \\
 &= \frac{1}{8} 1281.2 (3.5)^2 \\
 &= 1961.84 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{1961.84 \times 10^4}{0.90 \cdot 1000 \cdot 95^2} \\
 &= 2.42 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.42}{420}} \right) \\
 &= 0.006
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.006 > \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.006 \times 1000 \times 95 \\
 &= 570.50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\max 1} &= 3h \\
 &= 3(140) \\
 &= 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\max 2} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{570.50} \\
 &= 137.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 8.05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{8.05}{0.80} \\
 &= 10.07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.04 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan arah X D10-125 mm

- Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\
 &= 0.0018 \frac{420}{420} \\
 &= 0.0018
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018 = \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 85 \\
 &= 153 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 3(140) \\
 &= 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\max 2} = 450 \text{ mm}$$

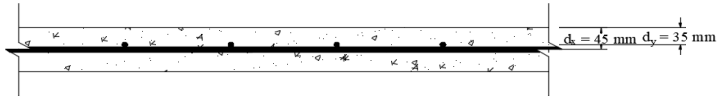
$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s\text{tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{153} \\
 &= 513.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 400 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan arah Y D10-400 mm

- Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0.80\end{aligned}$$



Gambar 4.12 Potongan Pelat S2 Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}d_x &= h - cc - 0.5D \\ &= 90 - 40 - 0.5(10) \\ &= 45 \text{ mm} \\ d_y &= h - cc - D_{\text{arah } x} - 0.5D_{\text{arah } y} \\ &= 90 - 40 - 10 - 0.5(10) \\ &= 35 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\ &= 0.0018 \frac{420}{420} \\ &= 0.0018\end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{1}{8} q L^2 \\ &= \frac{1}{8} 563.2 (3.5)^2 \\ &= 862.4 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi &= 0.90 \\ R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{862.4 \times 10^4}{0.90 \times 1000 \times 45^2} \\ &= 4.73\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 4.73}{420}} \right) \\ &= 0.0123\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0123 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0123 \times 1000 \times 45 \\ &= 555.38 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{max1}} &= 3h \\ &= 3(90) \\ &= 270 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\ &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{555.38} \\ &= 141.42 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= 7.84 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{7.84}{0.80} \\ &= 9.80 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.018 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan arah X D10-125 mm

- Penulangan Arah Y

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} &= 0.0018 \frac{420}{f_y} \\ &= 0.0018 \frac{420}{420} \\ &= 0.0018\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018 = \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\
 &= 63 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{max1}} &= 3h \\
 &= 3(90) \\
 &= 270 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\text{max2}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ (perlu)}}} \\
 &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{63} \\
 &= 1246.66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

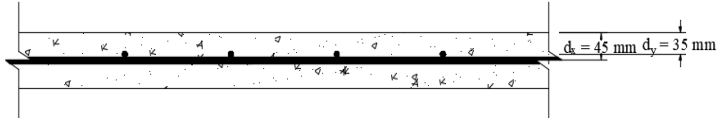
$$s_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan arah Y D10-250 mm

- Saat Pengangkatan

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0.85$$



Gambar 4.13 Potongan Pelat S2 Saat Pengangkatan

$$\begin{aligned}
 d_x &= h - cc - 0.5D \\
 &= 90 - 40 - 0.5(10) \\
 &= 45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_y &= h - cc - D_{\text{arah x}} - 0.5D_{\text{arah y}} \\
 &= 90 - 40 - 10 - 0.5(10) \\
 &= 35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{420}{0.85 (25)} \\
 &= 19.76
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \frac{420}{f_y}$$

$$= 0.0018 \frac{420}{420}$$

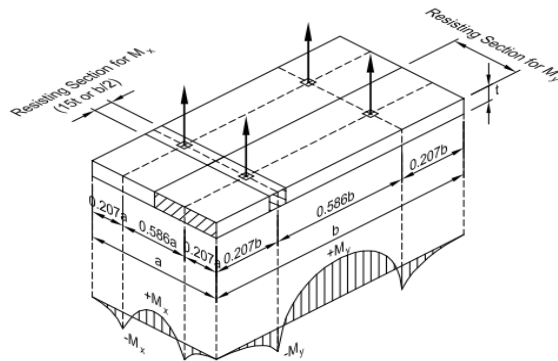
$$= 0.0018$$

Ukuran Segmen:

$$b = 3.5 \text{ m}$$

$$a = 2.5 \text{ m}$$

$$w = 362.88 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.14 Momen Saat Pengangkatan 4 Titik

$$\begin{aligned} M_x &= 0.0107wa^2b \\ &= 0.0107(362.88)(2.5^2)(3.5) \\ &= 84.94 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 0.0107wab^2 \\ &= 0.0107(362.88)(2.5)(3.5^2) \\ &= 118.91 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Penulangan Arah X

$$M_u = 84.94 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{84.94 \times 10^4}{0.90 \times 1000 \times 45^2} \\ &= 0.466 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19.76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19.76 \times 0.466}{420}} \right) \\ &= 0.0011\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0018 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 45 \\ &= 81 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{max1}} &= 3h \\ &= 3(90) \\ &= 270 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\ &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{81} \\ &= 969.63 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan arah X D10-250 mm

- Penulangan Arah Y

$$M_u = 118.91 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{118.91 \times 10^4}{0.90 \times 1000 \times 35^2} \\ &= 1.08\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{19.76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 19.76 \times 1.08}{420}} \right) \\ &= 0.0026\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0019 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.0026 \times 1000 \times 35 \\
 &= 92.28 \text{ mm}^2 \\
 S_{\max 1} &= 3h \\
 &= 3(90) \\
 &= 270 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 450 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= 1000 \times \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s(\text{perlu})}} \\
 &= 1000 \times \frac{0.25 \times \pi \times 10^2}{92.28} \\
 &= 851.06 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 250 \text{ mm} \\
 \therefore &\text{Maka digunakan tulangan arah Y D10-250 mm}
 \end{aligned}$$

4.3.3.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada ACI 318M-14 pasal 18.8.5.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \ell_{dh1} &= 8D_b \\
 &= 80 \text{ mm} \\
 \ell_{dh2} &= 150 \text{ mm} \\
 \ell_{dh \text{ hasil}} &= \frac{f_y D_b}{5.4 \sqrt{f'_c}} \\
 &= \frac{420 \times 10}{5.4 \sqrt{35}} \\
 &= 131.47 \text{ mm} \\
 \ell_{dh \text{ pakai}} &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

\therefore Maka digunakan panjang penyaluran 150 mm

4.3.3.5 Pengangkatan Pelat

Untuk pengangkatan pracetak pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan empat titik angkat. Berikut perhitungan tulangan angkat dan juga kontrolnya:

- Perhitungan Tulangan Angkat
 Faktor Kejut (K) = 1.2
 $DL = h_{\text{pracetak}} \times a \times b \times \gamma_{\text{beton}}$

$$= 0.09 (2.5) (3.5) (2400)$$

$$= 1890 \text{ kg}$$

$$q = K \times 1.4DL$$

$$= 1.2 (1.4) (1890)$$

$$= 3175.2 \text{ kg}$$

Gaya Angkat (T_u):

$$T_u = \frac{q}{4}$$

$$= \frac{3175.2}{4}$$

$$= 793.8 \text{ kg}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF}$$

$$= \frac{0.7 \sqrt{35}}{1.5}$$

$$= 2.76 \text{ MPa}$$

$$Z = \frac{1}{6} \frac{a}{2} (h_{\text{pracetak}})^2$$

$$= \frac{1}{6} \frac{2.5}{2} (9)^2$$

$$= 1687.5 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{\text{pelat}} = \frac{M_u}{Z}$$

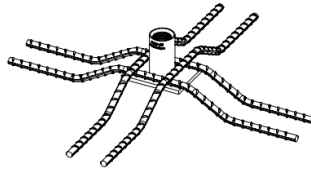
$$= \frac{118.91 \times 10^4}{1687.5 \times 10^3}$$

$$= 0.70 \text{ MPa}$$

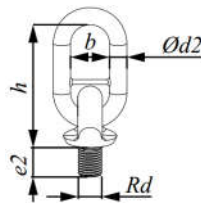
$$\sigma_{\text{pelat}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 8 kN dengan sudut $0^\circ - 45^\circ$.



Gambar 4.15 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4.16 Kait JL

4.3.3.6 Kontrol Lendutan Pelat

Oleh karena pada saat menentukan tebal pelat digunakan nilai yang kurang dari tebal minimum pelat sesuai ACI 318M-14 pasal 7.3.1.1, maka lendutan harus dihitung.

- Data Perencanaan

$$E_s = 200,000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'_c} \\ &= 4700\sqrt{35} \\ &= 27805.57 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_s}{E_c} \\ &= \frac{200,000}{27805.57} \\ &= 7.19 \end{aligned}$$

$$h = 140 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y_t &= \frac{h}{2} \\ &= \frac{140}{2} \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan Beban Mati

$$q_D = 3.36 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} b h^3 \\ &= \frac{1}{12} 1000(140)^3 \\ &= 228,666,667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0.62 \sqrt{f'_c} \\ &= 0.62 \sqrt{35} \\ &= 3.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{cr} &= \frac{f_r I_g}{y_t} \\ &= \frac{3.67 \times 228,666,667}{70} \\ &= 11.98 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_a &= \frac{1}{8} q_D L^2 \\ &= \frac{1}{8} 3.36(3.5^2)(10^{-6}) \\ &= 5.145 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_a < M_{cr} \rightarrow \text{tidak perlu transformasi}$$

$$M_{cr} = M_a$$

$$I_e = I_g$$

$$\begin{aligned} \Delta_D &= \frac{5 \times q_D \times L^4}{384 E_c I_e} \\ &= \frac{5 \times 3.36 \times 3.5^4}{384 (27805.57) (228,666,667)} \\ &= 1.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lendutan Beban Mati dan Hidup

$$q_{D+L} = 9.08 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{1}{12} b h^3 \\ &= \frac{1}{12} 1000(140)^3 \\ &= 228,666,667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_r &= 0.62 \sqrt{f'_c} \\ &= 0.62 \sqrt{35} \\ &= 3.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= \frac{f_r I_g}{y_t} \\
 &= \frac{3.67 \times 228,666,667}{70} \\
 &= 11.98 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= \frac{1}{8} q_{D+L} L^2 \\
 &= \frac{1}{8} 9.08 (3.5^2) (10^{-6}) \\
 &= 6.68 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$M_a > M_{cr} \rightarrow$ perlu transformasi

$$I_{cr} = 18,282,454.19 \text{ mm}^4$$

$$I_e = 152,933,240.51 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{D+L} &= \frac{5 \times q_{D+L} \times L^4}{384 E_c I_e} \\
 &= \frac{5 \times 9.08 \times 3.5^4}{384 (27805.57) (152,933,240.51)} \\
 &= 4.17 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Lendutan Izin

Besarnya lendutan izin ditentukan pada ACI 318M-14 pasal 24.2.3 yaitu pada Tabel 24.2.2.

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{short term}} &= \Delta_{D+L} - \Delta_D \\
 &= 3.14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{izin long term}} &= \frac{L}{\frac{240}{3500}} \\
 &= \frac{480}{1} \\
 &= 14.58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\infty} &= \frac{\xi}{1 + 50 \rho'} \\
 &= \frac{2}{1 + 0} \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{\text{long term}} &= \Delta_L + \lambda_{\infty} \Delta_D \\
 &= 3.24 + 2(1.03) \\
 &= 5.20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{long term}} < \Delta_{\text{izin long term}} \text{ (OK)}$$

4.3.3.7 Rekapitulasi Tulangan Pelat

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan pelat dan juga lendutan yang terjadi pada pelat.

Tabel 4.25 Rekapitulasi Tulangan Pelat

Pelat	Penulangan								Tegangan Saat		Lendutan		Tu (kN)	Tipe JRd / JM
	Sebelum Komposit		Penguatan		Sesudah Komposit		Tulangan Pakai		σ_{pelat} (MPa)	σ_{izin} (MPa)	Lendutan (mm)	Lendutan Izin (mm)		
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y						
S1	D10-100	D10-250	D10-250	D10-250	D10-100	D10-400	D10-100	D10-250	0.8749	2.7608	12.6909	16.25	8.8452	JRd/JM 16
S2	D10-125	D10-250	D10-250	D10-250	D10-125	D10-400	D10-100	D10-250	0.7047	2.7608	5.20474	14.583333	7.938	JRd/JM 14
S3	D10-225	D10-250	D10-250	D10-250	D10-225	D10-400	D10-200	D10-250	0.4350	2.7608	1.456985	11.458333	6.237	JRd/JM 14
S4	D10-125	D10-250	D10-250	D10-250	D10-125	D10-400	D10-125	D10-250	0.7047	2.7608	5.20474	14.583333	8.25552	JRd/JM 16
S5	D10-125	D10-250	D10-250	D10-250	D10-125	D10-400	D10-125	D10-250	0.7047	2.7608	5.20474	14.583333	7.62048	JRd/JM 14
S6	D10-125	D10-250	D10-250	D10-250	D10-125	D10-400	D10-125	D10-250	0.7047	2.7608	5.20474	14.583333	8.3349	JRd/JM 16
S7	D10-150	D10-400	D10-250	D10-250	D10-150	D10-400	D10-125	D10-250	0.4027	2.7608	3.21787	13.75	8.14968	JRd/JM 16
S8	D10-250	D10-250	D10-250	D10-250	D10-300	D10-400	D10-125	D10-250	0.3143	2.7608	0.760555	9.395833	4.77131	JRd/JM 12

4.3.4 Perencanaan Balok Anak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada di balok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

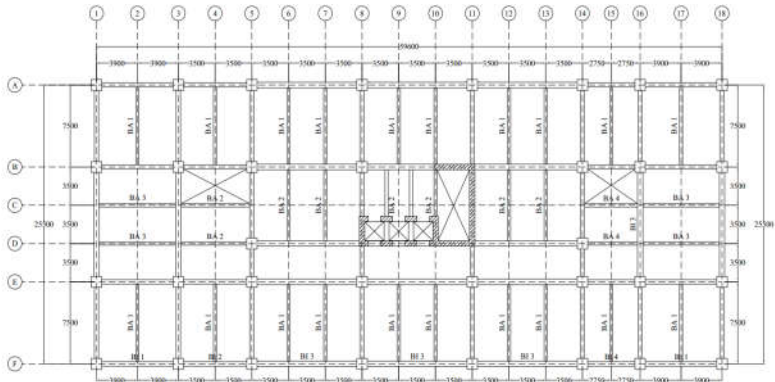
4.3.4.1 Data Perencanaan Balok Anak

Dalam perencanaan balok anak, ada beberapa kondisi yang harus ditinjau untuk perhitungan tulangan. Kondisi tersebut sama dengan kondisi saat merencanakan pelat lantai dan pelat atap, yaitu kondisi setelah komposit, sebelum komposit, dan saat pengangkatan. Pengangkatan direncanakan dilakukan pada hari ketujuh dengan nilai kekuatan beton sebesar 25 MPa. Contoh perhitungan yang ditunjukkan dalam subbab 4.3.4 ialah untuk balok anak tipe 1.

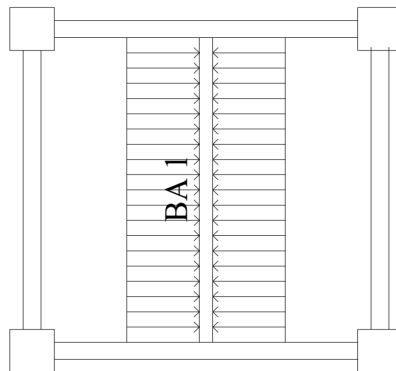
- Dimensi Komposit = 30x55 cm
- Dimensi *Half Beam* = 30x41 cm
- *Overtopping* = 14 cm
- f'_c = 35 MPa
- f_y = 420 MPa
- L = 7.5 m
- Tulangan Longitudinal = 19 mm
- Tulangan Transversal = 10 mm
- *Clear Cover* = 50 mm

4.3.4.2 Pembebanan Balok Anak

Beban yang bekerja pada balok anak adalah berat sendiri balok anak tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya). Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dianggap sebagai beban persegi panjang pada bentang balok anak dikarenakan pelat yang menumpu pada balok anak adalah pelat satu arah. Beban berbentuk persegi panjang yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4.17. berikut:



Gambar 4.17 Denah Balok Anak



Gambar 4.18 Distribusi Beban Pelat pada Balok Anak

- Sebelum Komposit
- Beban Mati

Berat Sendiri Balok	$= 2400 \times 0.3 \times 0.41 =$	295.2 kg/m
Berat <i>Overtopping</i>	$= 2400 \times 0.3 \times 0.14 =$	100.8 kg/m
Berat Pelat	$= 2400 \times 3.9 \times 0.14 =$	1310.4 kg/m
q_D		$= 1706.4 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban

q	$= 1.4 \times 1706.4$	$= 2388.96 \text{ kg/m}$
-----	-----------------------	--------------------------

- Saat Pengangkatan
- Beban Mati
 $\text{Berat Sendiri Balok} = 2400 \times 0.3 \times 0.41 = 295.2 \text{ kg/m}$
- Kombinasi Beban
 $q = 1.4 \times 295.2 = 413.28 \text{ kg/m}$

4.3.4.3 Perhitungan Tulangan Balok Anak

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{35}}{420} \\ &= 0.0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} \\ &= 0.0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12\end{aligned}$$

- Setelah Komposit
- $d = h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \varnothing_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}}$
 $= 550 - 50 - 10 - 0.5(25)$
 $= 477.5 \text{ mm}$
- $M_{\text{tumpuan}} = 28035.86 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$
- $M_{\text{lapangan}} = 14434.11 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$
- $V_u = 14573.08 \text{ kg (Hasil ETABS)}$
- Tulangan Negatif Tumpuan
 $\phi = 0.90$

$$\begin{aligned}
R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
&= \frac{28035.86 \times 10^4}{0.90 (300) (477.5)^2} \\
&= 4.55 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 4.55}{420}} \right) \\
&= 0.0118 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.0118 > \rho_{\text{min}} \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
&= 0.0118 \times 300 \times 477.5 \\
&= 1694.82 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
&= \frac{1694.82}{0.25 \pi (25)^2} \\
&= 4 \text{ buah} \\
S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{300 - 4(25) - 2(50) - 2(10)}{4 - 1} \\
&= 27 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)} \\
\text{Kontrol Regangan:} \\
a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
&= 92.40 \text{ mm} \\
c &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{92.40}{0.80} \\
&= 115.50 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0.009 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 4D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned} M_u &= 0.5 M_u \text{ negatif tumpuan} \\ &= 14017.93 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{14017.93 \times 10^4}{0.90 (300) (477.5)^2} \\ &= 2.28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.28}{420}} \right) \\ &= 0.0056 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= 0.0056 > \rho_{\min} \\ A_{s \text{ perlu}} &= 0.0056 \times 300 \times 477.5 \\ &= 808.88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{808.88}{0.25\pi(25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 130 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 46.20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{46.20}{0.80} \\ &= 57.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_t = 0.02 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{14434.11 \times 10^4}{0.90 (300) (477.5)^2} \\ &= 2.34 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.34}{420}} \right) \\ &= 0.0058 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0058 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0058 \times 300 \times 477.5 \\ &= 833.97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\ &= \frac{833.97}{0.25\pi(25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 130 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 46.20 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{46.20}{0.80}$$

$$= 57.75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.02 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 0.5 M_u \text{ positif lapangan}$$

$$= 7217.05 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{7217.05 \times 10^4}{0.90 (300) (477.5)^2}$$

$$= 1.17$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.17}{420}} \right)$$

$$= 0.0028$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0035 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ perlu} = 0.0035 \times 300 \times 477.5$$

$$= 504.45 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{504.45}{0.25 \pi (25)^2}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 130 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$V_u = 145730.84 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 144071.33 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 108053.50 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 54026.75 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 52967.40 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 147779.05 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 3 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok anak ini.

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max1}} &= \frac{d}{2} \\
 &= \frac{477.5}{2} \\
 &= 238.75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 225 \text{ mm}$$

$$d_{\text{senggang}} = 10 \text{ mm}$$

$$f_{y \text{ senggang}} = 280 \text{ MPa}$$

$$\text{Senggang} = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned}
 A_{v \min 1} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\
 &= 88.42 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \min 2} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
 &= 84.375 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi d_{\text{senggang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 10^2 \\
 &= 157.08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{157.08 \times 280 \times 477.5}{225} \\
 &= 93340.21 \text{ N} > V_{s \min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan $\varnothing 10$ -225 mm

- Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \varnothing_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\
 &= 410 - 50 - 10 - 0.5(25) \\
 &= 337.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada balok anak sebelum balok anak komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok anak adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tumpuan}} &= 0 \text{ kgm} \\
 M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} q L^2 \\
 &= \frac{1}{8} (2388.96)(7.5)^2 \\
 &= 16797.38 \text{ kgm} \\
 V_u &= 0.5 q L \\
 &= 0.5 (2388.96)(7.5) \\
 &= 8958.6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2\text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 130 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035 \\
 A_{s\text{perlu}} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2\text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 130 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\text{min}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{16797.38 \times 10^4}{0.90 (300) (337.5)^2} \\ &= 5.46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 5.46}{420}} \right) \\ &= 0.0145 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0145 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0145 \times 300 \times 337.5 \\ &= 1466.63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{1466.63}{0.25 \pi (25)^2} \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{300 - 3(25) - 2(50) - 2(10)}{3 - 1} \\ &= 53 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\ &= 69.30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{69.30}{0.80}$$

$$= 86.62 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.0087 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 3D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned} M_u &= 0.5 M_u \text{ positif lapangan} \\ &= 8398.69 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{8398.69 \times 10^4}{0.90 (300) (337.5)^2} \\ &= 2.73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.73}{420}} \right) \\ &= 0.0068 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0068 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= 0.0068 \times 300 \times 337.5 \\ &= 691.69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ &= \frac{691.69}{0.25 \pi (25)^2} \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clear cover} - 2 \phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\ &= 130 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 46.20 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{46.20}{0.80}$$

$$= 57.75 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.01 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$V_u = 89586 \text{ N}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 101830.5 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 76372.89 \text{ N}$$

$$0.5 \phi V_c = 38186.45 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 37437.69 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 104451.16 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 3 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok anak ini.

$$S_{\text{max1}} = \frac{d}{2}$$

$$= \frac{337.5}{2}$$

$$= 168.75 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max2}} = 600 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

$$d_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ sengkang} = 280 \text{ MPa}$$

$$\text{Sengkang} = 2 \text{ kaki}$$

$$A_{v \text{ min1}} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y}$$

$$= 58.95 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ min2}} = 0.35 \frac{bs}{f_y}$$

$$= 56.25 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ pakai}} = 2 \times 0.25 \pi d_{\text{sengkang}}^2$$

$$= 2 \times 0.25 \pi 10^2$$

$$= 157.08 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

$$V_{s \text{ pakai}} = \frac{A_v f_y d}{s_{\text{pakai}}}$$

$$= \frac{157.08 \times 280 \times 337.5}{150}$$

$$= 98960.17 \text{ N} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan $\varnothing 10$ -150 mm

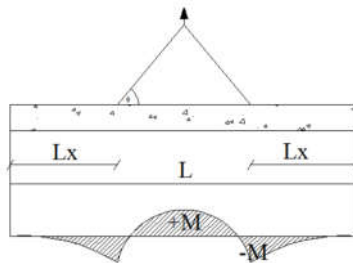
- Saat Pengangkatan

$$d = h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \varnothing_{\text{sengkang}} - 0.5D_{\text{tulangan}}$$

$$= 410 - 50 - 10 - 0.5(25)$$

$$= 337.5 \text{ mm}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok anak.



Gambar 4.19 Titik Angkat Balok Anak

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$\begin{aligned}
 -M &= \frac{WX^2L^2}{8} \\
 y_t &= \frac{h}{2} \\
 &= \frac{410}{2} \\
 &= 20.5 \text{ cm} \\
 I_{\text{balok}} &= \frac{1}{12}bh^3 \\
 &= \frac{1}{12}30(41)^3 \\
 &= 172303 \text{ cm}^4 \\
 y_c &= y_t + 5 \\
 &= 20.5 + 5 \\
 &= 25.5 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 7.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left(1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} \\
 &= 0.23075 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 LX &= 7.5 (0.23075) \\
 &= 1.73 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$W = 413.28 \text{ kg/m}$$

$$+M = 618.916 \text{ kgm}$$

$$-M = 618.916 \text{ kgm}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
&= 2 \text{ buah} \\
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
&= 130 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &> S_{\min} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
&= 0.0035 \\
A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5 \\
&= 356.55 \text{ mm}^2 \\
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
&= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
&= 2 \text{ buah} \\
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
&= 130 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &> S_{\min} \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 s_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 s_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 s_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 130 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\text{hasil}} > s_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 300 \times 337.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 s_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 s_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 s_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2\phi_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{300 - 2(25) - 2(50) - 2(10)}{2 - 1} \\
 &= 130 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

4.3.4.4 Pengangkatan Balok Anak

Sebelum melakukan instalasi balok anak, balok anak terlebih dahulu mengalami proses pengangkatan menuju titik lokasi pemasangan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tulangan angkat untuk balok anak seperti pada pelat yang telah dibahas pada subbab 4.3.3.5 sebelumnya. Untuk pengangkatan balok anak pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan *spreader beam*.

- Perhitungan Tulangan Angkat

$$\text{Faktor Kejut (K)} = 1.2$$

$$\begin{aligned} \text{DL} &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.41 (0.3) (7.5) (2400) \\ &= 2214 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= K \times 1.4 \text{DL} \\ &= 1.2 (1.4)(2214) \\ &= 3719.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya Angkat (T_u):

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{q}{2 \cos(45)} \\ &= \frac{3719.5}{2 \cos(45)} \\ &= 2630.1 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tegangan

$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

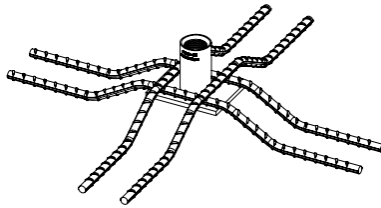
$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF} \\ &= \frac{0.7 \sqrt{35}}{1.5} \\ &= 2.76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6} b (h_{\text{pracetak}})^2 \\ &= \frac{1}{6} 30 (41)^2 \end{aligned}$$

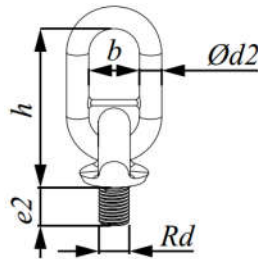
$$\begin{aligned}
 &= 8405 \text{ cm}^3 \\
 \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= \frac{618.916 \times 10^4}{8405 \times 10^3} \\
 &= 0.74 \text{ MPa} \\
 \sigma_{\text{balok}} &< \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 40 kN dengan sudut $0^\circ - 45^\circ$.



Gambar 4.20 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4.21 Kait JL

4.3.4.5 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan balok anak.

Tabel 4.26 Rekapitulasi Tulangan Balok Anak

Tipe Balok	BA 1		BA 2		BA 3		BA 4	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	300mm x 550 mm		300mm x 550 mm		300mm x 550 mm		300mm x 550 mm	
Bentang	7.5 m		7 m		7.8 m		5.5 m	
Decking	50 mm		50 mm		50 mm		50 mm	
Atas	4D25	2D25	3D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Bawah	2D25	3D25	2D25	3D25	2D25	3D25	2D25	2D25
Sengkang	2D-150 mm		2D-150 mm		2D-150 mm		2D-200 mm	
Tu (kN)	26.30		24.55		27.35		19.29	
Tipe JRd/JM	JRd/JM 30		JRd/JM 24		JRd/JM 30		JRd/JM20	

4.3.5 Gaya *Uplift* untuk Pelat *Basement*

4.3.5.1 Data Perencanaan

- Elevasi *Basement* = - 3.5 m
- Elevasi M.A.T = - 2.00 m
- γ_{air} = 1 ton/m³

4.3.5.2 Perhitungan Gaya *Uplift*

$$\begin{aligned}
 q_{\text{air}} &= \gamma_{\text{air}} \times h \\
 &= (3.5 - 2) \times 1000 \\
 &= 1500 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan bahwa q_{air} yang bekerja adalah sebesar 1500 kg/m². Nilai q_{air} tersebut akan menjadi beban *uplift* pada pelat *basement* itu sendiri. Dengan menambahkan beban *uplift* tersebut, didapatkan jumlah penulangan pelat *basement* seperti pada subbab 4.3.5.3.

- Beban Mati
 - Pelat Lantai = 2400×0.25 = 600 kg/m²
 - Ducting dan Plumbing* = 30 kg/m²
 - Aspal = 14 kg/m²
 - Spesi (2cm) = 42 kg/m²
 - q_D = 686 kg/m²
- Beban Hidup
 - q_L = 400 kg/m²

4.3.5.3 Rekapitulasi Tulangan Pelat *Basement*

Dari beban diatas, penulangan *basement* yang digunakan untuk semua pelat yaitu:

Tabel 4.27 Rekapitulasi Tulangan Pelat *Basement*

Tulangan	Arah X	Arah Y
Tulangan Atas	D13 – 200 mm	D13 – 225 mm
Tulangan Bawah	D13 – 150 mm	D13 – 175 mm

4.4 Struktur Primer

4.4.1 Umum

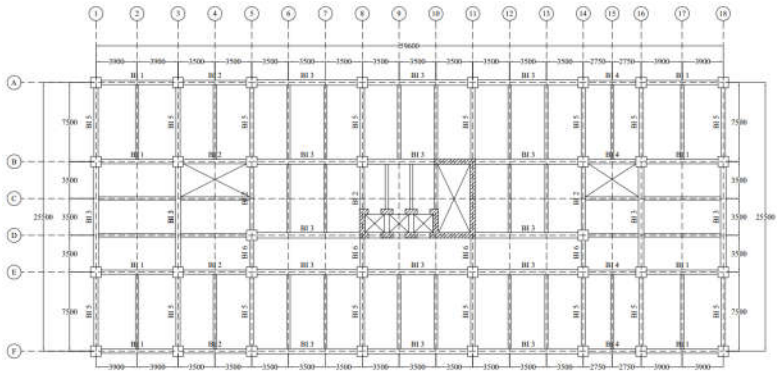
Struktur primer atau struktur utama merupakan struktur yang menahan seluruh kombinasi beban yang berasal dari beban gravitasi maupun beban lateral seperti gempa dan angin. Komponen struktur primer yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah balok induk, kolom, dan dinding geser atau *shear wall*. Berikut merupakan perhitungan dalam perencanaan kebutuhan tulangan untuk masing-masing komponen struktur primer tersebut.

4.4.2 Perencanaan Balok Induk

Gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya akan direncanakan dengan menggunakan dua dimensi balok induk dengan bentang yang berbeda-beda, yaitu:

- BI 1 dimensi 40/70 cm dengan bentang 7.80 m
- BI 2 dimensi 40/70 cm dengan bentang 7.00 m
- BI 3 dimensi 50/75 cm dengan bentang 10.50 m
- BI 4 dimensi 40/70 cm dengan bentang 5.50 m
- BI 5 dimensi 40/70 cm dengan bentang 7.50 m
- BI 6 dimensi 40/70 cm dengan bentang 3.50 m

Sama halnya dengan penulangan balok anak, balok induk juga dihitung dalam 3 kondisi, yaitu setelah komposit, sebelum komposit, dan saat pengangkatan. Dari ketiga kondisi tersebut, diambil perhitungan penulangan yang paling kritis untuk kebutuhan tulangan balok induk. Pada contoh perhitungan akan dihitung balok induk 1.



Gambar 4.22 Denah Balok Induk

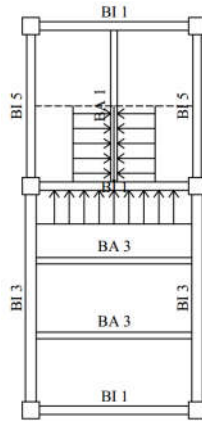
4.4.2.1 Data Perencanaan Balok Induk

Berikut merupakan data perencanaan balok induk 1 pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya:

- Dimensi Komposit = 40x70 cm
- Dimensi *Half Beam* = 40x56 cm
- *Overtopping* = 14 cm
- f'_c = 35 MPa
- f_y = 420 MPa
- L = 7.8 m
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 50 mm

4.4.2.2 Pembebanan Balok Induk

Beban yang bekerja pada balok induk adalah berat sendiri balok induk tersebut dan semua beban merata pada pelat (termasuk berat sendiri pelat dan berat hidup merata di atasnya) serta berat dari balok anak sendiri yang menumpu pada balok induknya. Distribusi beban pada balok induk tipe 1 ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut:



Gambar 4.23 Distribusi Beban pada Balok Induk

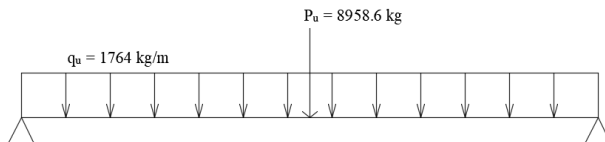
- Sebelum Komposit
- Beban Mati Merata

Berat Sendiri Balok	$= 2400 \times 0.40 \times 0.56 =$	537.60 kg/m
Berat <i>Overtopping</i>	$= 2400 \times 0.40 \times 0.14 =$	134.40 kg/m
Berat Pelat	$= 2400 \times 1.75 \times 0.14 =$	588.00 kg/m
q_D		$= 1260.00 \text{ kg/m}$
- Beban Mati Terpusat

Berat Pelat	$= 2400 \times 3.9 \times 3.75 \times 0.14 =$	4914 kg
Berat Balok Anak	$= 2400 \times 0.3 \times 3.75 \times 0.55 =$	1485 kg
P_D		$= 6399 \text{ kg}$
- Kombinasi Beban Merata

q_u	$= 1.4 \times 1260$	$= 1764 \text{ kg/m}$
-------	---------------------	-----------------------
- Kombinasi Beban Terpusat

P_u	$= 1.4 \times 6399$	$= 8958.6 \text{ kg}$
-------	---------------------	-----------------------



Gambar 4.24 Kombinasi Beban

- Saat Pengangkatan
- Beban Mati

$$\text{Berat Sendiri Balok} = 2400 \times 0.4 \times 0.56 = 537.6 \text{ kg/m}$$
- Kombinasi Beban

$$q = 1.4 \times 537.6 = 752.64 \text{ kg/m}$$

4.4.2.3 Perhitungan Tulangan Balok Induk

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{35 - 28}{7} \\ &= 0.80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ &= 0.25 \frac{\sqrt{35}}{420} \\ &= 0.0035\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{420} \\ &= 0.0033\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\ &= \frac{420}{0.85 (35)} \\ &= 14.12\end{aligned}$$

- Setelah Komposit

$$\begin{aligned}d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 700 - 50 - 13 - 0.5(25) \\ &= 624.5 \text{ mm} \\ d' &= \text{clear cover} + D_{\text{senggang}} + 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 50 + 13 + 0.5(25) \\ &= 75.5 \text{ mm} \\ M_{\text{tumpuan}} &= 40,328.94 \text{ kgm (Hasil ETABS)}\end{aligned}$$

$$M_{\text{tumpuan}+} = 14,899.19 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lapangan}+} = 28,638.45 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$M_{\text{lapangan}-} = 10,882.01 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$V_u = 25,717.74 \text{ kg (Hasil ETABS)}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$M_u = 40,328.94 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{40,328.94 \times 10^4}{0.90 (400) (624.5)^2}$$

$$= 2.87$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{2.87} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.87}{420}} \right)$$

$$= 0.0072$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0072 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0.0072 \times 400 \times 624.5$$

$$= 1799.96 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{1799.96}{0.25\pi(25)^2}$$

$$= 4 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1}$$

$$= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4 - 1}$$

$$= 58 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 4D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$M_u = 14,899.19 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ min}} = 0.5 M_{\text{tumpuan}} \\ = 20,164.47 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ pakai}} = 20,164.47 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ = \frac{20,164.47 \times 10^4}{0.90 (400) (624.5)^2} \\ = 1.44$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{2.87} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.44}{420}} \right) \\ = 0.0035$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0035 > \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ = 0.0035 \times 400 \times 624.5 \\ = 879.66 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\ = \frac{879.66}{0.25\pi(25)^2} \\ = 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}} \\ = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} = \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\ = \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\ = 224 \text{ mm}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Negatif

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{\frac{bd}{1963.495}} \\ &= \frac{400 \times 624.5}{1963.495} \\ &= 0.0079\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho' &= \frac{A'_s}{\frac{bd}{981.748}} \\ &= \frac{400 \times 624.5}{981.748} \\ &= 0.0039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho - \rho' &= 0.0079 - 0.0039 \\ &= 0.0039\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{d f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35 \times 75.5}{624.5 \times 420} 0.80 \left(\frac{600}{600 - 420} \right) \\ &= 0.0228\end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 83.66 \text{ mm}$$

$$c_2 = -55.84 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 83.66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \beta_1 c \\ &= 0.80 (83.66) \\ &= 66.93 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'_s &= 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \\ &= 600 \left(\frac{83.66 - 75.5}{83.66} \right) \\ &= 58.51 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$M_n = (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d')$$

$$\begin{aligned}
 &= (1963.495 \times 420 - 981.748 \times 58.51)(624.5 - 66.93/2) + 981.748 \times 58.51(624.5 - 75.5) \\
 &= 48,499.42 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0.90 (48,499.42) \\
 &= 43,649.48 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 40,328.94 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
 &= 0.0194 > 0.005 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Rangkap Tumpuan Positif

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_s}{bd} \\
 &= \frac{981.748}{400 \times 624.5} \\
 &= 0.0039
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{1963.495}{400 \times 624.5} \\
 &= 0.0079
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho - \rho' &= 0.0039 - 0.0079 \\
 &= -0.0039
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{df_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 35 \times 75.5}{624.5 \times 420} 0.80 \left(\frac{600}{600 - 420} \right) \\
 &= 0.0228
 \end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 66.40 \text{ mm}$$

$$c_2 = -140.70 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 66.40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 c \\ &= 0.80 (66.40) \\ &= 53.12 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) \\ &= 600 \left(\frac{66.40-75.5}{66.40} \right) \\ &= -82.20 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= 25,444.96 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.90 (25,444.96) \\ &= 22,900.46 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 20,164.47 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0.025 > 0.005 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Tulangan Positif Lapangan

$$M_u = 28,638.45 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\ &= \frac{28,638.45 \times 10^4}{0.90 (400) (624.5)^2} \\ &= 2.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{2.87} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 2.04}{420}} \right) \\ &= 0.0050 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0050 > \rho_{\text{min}}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0.0050 \times 400 \times 624.5 \\ &= 1257.89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{1257.89}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 4 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4 - 1} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 10,882.01 \text{ kgm} \\
 M_{u \text{ min}} &= 0.25 M_{\text{tumpuan}} \\
 &= 10,082.23 \text{ kgm} \\
 M_{u \text{ pakai}} &= 10,882.01 \text{ kgm} \\
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{10,882.01 \times 10^4}{0.90 (400) (624.5)^2} \\
 &= 0.775 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{2.87} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 0.775}{420}} \right) \\
 &= 0.0019 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.0035 > \rho_{\text{perlu}} \\
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 400 \times 624.5 \\
 &= 879.66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{pertu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{879.66}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{min2}} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Kontrol Tulangan Rangkap Lapangan Positif

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{A_s}{bd} \\
 &= \frac{1963.495}{400 \times 624.5} \\
 &= 0.0079 \\
 \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\
 &= \frac{981.748}{400 \times 624.5} \\
 &= 0.0039 \\
 \rho - \rho' &= 0.0079 - 0.0039 \\
 &= 0.0039 \\
 \rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{df_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \\
 &= \frac{0.85 \times 35 \times 75.5}{624.5 \times 420} 0.80 \left(\frac{600}{600 - 420} \right) \\
 &= 0.0228 \\
 \rho - \rho' &\leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh} \\
 f'_s &= 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \\
 A_s f_y &= 0.85f'_c ab + A'_s (f'_s - 0.85f'_c) \\
 a &= \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85f'_c)}{0.85f'_c b}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 83.66 \text{ mm}$$

$$c_2 = -55.84 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 83.66 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 c \\ &= 0.80 (83.66) \\ &= 66.93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f'_s &= 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) \\ &= 600 \left(\frac{83.66-75.5}{83.66} \right) \\ &= 58.51 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= (1963.495 \times 420 - 981.748 \times 58.51) (624.5 - 66.93/2) + 981.748 \times 58.51 (624.5 - 75.5) \\ &= 48,499.42 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.90 (48,499.42) \\ &= 43,649.48 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 28,638.45 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\ &= 0.0194 > 0.005 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Rangkap Lapangan Negatif

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{bd} \\ &= \frac{981.748}{400 \times 624.5} \\ &= 0.0039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{A'_s}{bd} \\ &= \frac{1963.495}{400 \times 624.5} \\ &= 0.0079 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho - \rho' &= 0.0039 - 0.0079 \\ &= -0.0039 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{cy} &= \frac{0.85f'_c d'}{df_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \\ &= \frac{0.85 \times 35 \times 75.5}{624.5 \times 420} 0.80 \left(\frac{600}{600 - 420} \right) \\ &= 0.0228\end{aligned}$$

$$\rho - \rho' \leq \rho_{cy} \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$f'_s = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$A_s f_y = 0.85 f'_c a b + A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)$$

$$a = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

$$\beta_1 c = \frac{A_s f_y - A'_s (f'_s - 0.85 f'_c)}{0.85 f'_c b}$$

Selesaikan persamaan diatas, diperoleh:

$$c_1 = 66.40 \text{ mm}$$

$$c_2 = -140.70 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 66.40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a &= \beta_1 c \\ &= 0.80 (66.40) \\ &= 53.12 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'_s &= 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) \\ &= 600 \left(\frac{66.40 - 75.5}{66.40} \right) \\ &= -82.20 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= (A_s f_y - A'_s f'_s) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A'_s f'_s (d - d') \\ &= 25,444.96 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0.90 (25,444.96) \\ &= 22,900.46 \text{ kgm}\end{aligned}$$

$$\phi M_n \geq M_u = 10,882.01 \text{ kgm (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{d - c}{c} 0.003 \\ &= 0.025 > 0.005 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

- Kontrol Balok T Lapangan

$$b_{cl} = \frac{l}{4}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{7800}{4} \\
&= 1950 \text{ mm} \\
b_{e2} &= b_w + 2(8h_f) \\
&= 4000 + 16(140) \\
&= 2640 \text{ mm} \\
b_{e3} &= b_w + \text{total transverse span} \\
&= 4000 + 0.5(7100 + 3150) \\
&= 5525 \text{ mm} \\
b_{e \text{ pakai}} &= 1950 \text{ mm} \\
a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b_e} \\
&= 14.22 \text{ mm} \\
t_f &= 140 \text{ mm} \\
a &\leq t_f \rightarrow \text{the beam be considered as rectangular} \\
M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
&= 1963.495(420) \left(624.5 - \frac{14.22}{2} \right) \\
&= 50,914.37 \text{ kgm} \\
\phi M_n &= 0.90(50,914.37) \\
&= 45,822.94 \text{ kgm} \\
\phi M_n &\geq M_u = 28,638.45 \text{ kgm (OK)} \\
\text{Kontrol Regangan:} \\
c &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{14.22}{0.80} \\
&= 17.77 \text{ mm} \\
\varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
&= 0.102 > 0.005 \text{ (OK)} \\
- \text{ Kontrol Balok T Tumpuan} \\
b_{e1} &= \frac{l}{4} \\
&= \frac{7800}{4} \\
&= 1950 \text{ mm} \\
b_{e2} &= b_w + 2(8h_f)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 4000 + 16 (140) \\
&= 2640 \text{ mm} \\
b_{e3} &= b_w + \text{total transverse span} \\
&= 4000 + 0.5 (7100 + 3150) \\
&= 5525 \text{ mm} \\
b_{e \text{ pakai}} &= 1950 \text{ mm} \\
a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b_e} \\
&= 7.11 \text{ mm} \\
t_f &= 140 \text{ mm} \\
a &\leq t_f \rightarrow \text{the beam be considered as rectangular} \\
M_n &= A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
&= 981.75(420) \left(624.5 - \frac{7.11}{2} \right) \\
&= 25,603.72 \text{ kgm} \\
\phi M_n &= 0.90 (25,603.72) \\
&= 23,043.35 \text{ kgm} \\
\phi M_n &\geq M_u = 20,164.47 \text{ kgm (OK)} \\
\text{Kontrol Regangan:} \\
c &= \frac{a}{\beta_1} \\
&= \frac{7.11}{0.80} \\
&= 8.88 \text{ mm} \\
\varepsilon_t &= \frac{d-c}{c} 0.003 \\
&= 0.208 > 0.005 \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

- Tulangan Geser

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama. Menurut ACI 318M-14 pasal 18.6.5.1, dalam mendesain gaya geser harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di *joints* (M_{pr}). Nilai dari Gaya-gaya maksimum dapat dituliskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$M_{pr} = (A_s 1.25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s 1.25 f_y}{0.85 f'_c b}$$

Tabel 4.28 Perhitungan M_{pr} Balok Induk

Lokasi			A_s (mm ²)	a (mm)	M_{pr} (kNm)
Tumpuan	Kiri	-	598.74	86.62	599.11
	Kanan	+	311.84	43.31	310.72
	Kiri	+	311.84	43.31	310.72
	Kanan	-	598.74	86.62	599.11

$$M_{pr1} = 599.11 \text{ kNm}$$

$$M_{pr2} = 310.72 \text{ kNm}$$

$$L_n = 6.8 \text{ m}$$

$$W_u = 46.37 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} V_{e1} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u L_n}{2} \\ &= \frac{599.11 + 310.72}{6.8} + \frac{46.37 \times 6.8}{2} \\ &= 291.47 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{e2} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} - \frac{W_u L_n}{2} \\ &= \frac{599.11 + 310.72}{6.8} - \frac{46.37 \times 6.8}{2} \\ &= -23.87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{e \text{ pakai}} = 291.47 \text{ kN}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.6.5.2, tulangan transversal harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ apabila kedua persyaratan berikut terjadi.

Syarat 1:

$$M_{pr} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} \geq 0.5 V_{e \text{ pakai}}$$

$$M_{pr} = \frac{599.11 + 310.72}{6.8} \geq 0.5 (291.47)$$

$$M_{pr} = 133.80 \text{ kNm} \leq 145.73 \text{ kNm}$$

Syarat 2:

$$P_u \leq \frac{1}{20} A_g f'_c$$

Karena pada balok nilai P_u sangat kecil, maka syarat kedua dapat diabaikan. Namun karena syarat 1 tidak memenuhi, maka kekuatan beton V_c tetap diperhitungkan.

$$V_e = 291.47 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.17 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 251.23 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 188.42 \text{ kN}$$

$$0.5\phi V_c = 94.21 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 0.062 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 92.36 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 257.70 \text{ kN}$$

$$V'_s = 0.35 \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 492.61 \text{ kN}$$

$$\phi V'_s = 369.46 \text{ kN}$$

$$\phi (V_c + V'_s) = 557.88 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 4:

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V'_s) \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 4 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok induk ini.

$$S_{\text{max1}} = \frac{d}{4}$$

$$= \frac{624.5}{4}$$

$$= 156.125 \text{ mm}$$

$$S_{\text{max2}} = 6D_{\text{longitudinal}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\max 3} &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 150 \text{ mm} \\
 D_{\text{senggang}} &= 13 \text{ mm} \\
 f_{y \text{ senggang}} &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{Senggang} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{v \text{ min1}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\
 &= 52.40 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ min2}} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\
 &= 50 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{senggang}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{265.46 \times 420 \times 624.5}{150} \\
 &= 464.19 \text{ kN} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)} \\
 &= 464.19 \text{ kN} > V_{s \text{ perlu}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Daerah plastis:

$$2h = 1400 \text{ mm}$$

$$\text{Peikko} = 248 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan 2D13-150 mm sepanjang daerah plastis = 1650 mm dengan sengkang pertama dipasang 50 mm dari tumpuan

$$V_u = 214.95 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 251.23 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 188.42 \text{ kN}$$

$$0.5 \phi V_c = 94.21 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} bd \\
 &= 92.36 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 257.70 \text{ kN}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5\phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 3:

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi(V_c + V_{smin}) \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 3 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser dalam perencanaan balok induk ini.

$$\begin{aligned} S_{max1} &= \frac{d}{2} \\ &= \frac{624.5}{2} \\ &= 312.25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{max2} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 300 \text{ mm}$$

$$D_{sengkan} = 13 \text{ mm}$$

$$f_y \text{ sengkan} = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Sengkan} = 2 \text{ kaki}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min1}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\ &= 104.80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ min2}} &= 0.35 \frac{bs}{f_y} \\ &= 100 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{sengkan}^2 \\ &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\ &= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{S_{pakai}} \\ &= \frac{265.46 \times 420 \times 624.5}{300} \\ &= 232.10 \text{ kN} > V_{s \text{ min}} \text{ (OK)} \\ &= 232.10 \text{ kN} > V_{s \text{ perlu}} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser lapangan 2D13-300 mm sepanjang luar daerah plastis

- Tulangan Torsi

$$\begin{aligned}
 T_u &= 7796,40 \text{ kgm (Hasil ETABS)} \\
 &= 77.96 \text{ kNm} \\
 V_u &= 257.18 \text{ kN} \\
 A_{cp} &= 400 \times 700 \\
 &= 280,000 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2(400 + 700) \\
 &= 2,200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut:

$$\begin{aligned}
 T_u &\leq \phi T_{th} \\
 T_{cr} &= 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 0.33 (1) \sqrt{35} \left(\frac{280000}{2200} \right) \\
 &= 69.57 \text{ kNm} \\
 \phi T_{cr} &= 52.18 \text{ kNm} \\
 \phi T_{cr} &\leq T_u = 77.96 \text{ kNm (Perlu Tulangan Torsi)} \\
 x_1 &= b - 2(\text{clear cover} + D_{senggang}) \\
 &= 400 - 2(50 + 13) \\
 &= 274 \text{ mm} \\
 y_1 &= h - 2(\text{clear cover} + D_{senggang}) \\
 &= 700 - 2(50 + 13) \\
 &= 574 \text{ mm} \\
 A_{oh} &= x_1 \times y_1 \\
 &= 274 \times 574 \\
 &= 157,276 \text{ mm}^2 \\
 A_o &= 0.85 A_{oh} \\
 &= 133,684.6 \text{ mm}^2 \\
 P_h &= 2(x_1 + y_1) \\
 &= 2(274 + 574) \\
 &= 1,696 \text{ mm} \\
 \theta &= 45^\circ \\
 \cot \theta &= 1
 \end{aligned}$$

Cek Penampang Balok:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{bd}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)} \leq \phi \left(\frac{V_c}{bd} + 0.66 \sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{257177.43}{400(624.5)}\right)^2 + \left(\frac{77.96 \times 10^6 \times 1,696}{1.7157,276^2}\right)} = 3.31$$

$$0.75 \left(\frac{251232.24}{400(624.5)} + 0.66 \sqrt{35}\right) = 3.68$$

3.31 ≤ 3.68 → penampang cukup

Tulangan Geser:

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = 103.95 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2A_o f_{yt} \cot \theta} \\ &= \frac{103.95 \times 10^6}{2 \times 133,684.6 \times 420 \times 1} \\ &= 0.926 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_n - V_c \\ &= 342903.24 - 251232.24 \\ &= 91,671.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{V_s}{f_{yt} d} \\ &= \frac{91,671.00}{420(624.5)} \\ &= 0.350 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{vt}}{s} &= \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \\ &= 2(0.926) + 0.350 \\ &= 2.20 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{two leg} \end{aligned}$$

$$D_{\text{senggang}} = 13 \text{ mm}$$

$$A_{vt} = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{A_{vt}}{A_{vt}/s} \\ &= 120.62 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{max1}} &= \frac{P_h}{8} \\ &= 212 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{\text{max2}} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{vt \min 1} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_{yt}} \\ &= 41.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vt \min 2} &= 0.35 \frac{bs}{f_{yt}} \\ &= 40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{vt} \geq A_{vt \min} \text{ (OK)}$$

Tulangan Longitudinal:

$$\begin{aligned} A_l &= \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \cot^2 \theta \\ &= 1,569.99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{l \min} &= \frac{0.42 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\ &= 86.51 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} \min &= 0.175 \frac{b}{f_{yt}} \\ &= 0.167 \text{ mm}^2/\text{mm}/\text{one leg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Tulangan longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke atas, 25% didistribusikan ke bawah, dan 50% didistribusikan merata ke kiri dan ke kanan. Hasil dari kebutuhan luas tulangan longitudinal torsi akan digabung dengan kebutuhan luas tulangan lentur yang dihitung sebelumnya.

- Sebelum Komposit

$$\begin{aligned} d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - \emptyset_{\text{senggang}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\ &= 560 - 50 - 13 - 0.5(25) \\ &= 484.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada balok induk sebelum balok induk komposit dihitung dengan beranggapan tumpuan pada balok induk adalah tumpuan sederhana, sehingga momen pada tumpuan dianggap tidak ada.

$$M_{\text{tumpuan}} = 0 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lapangan}} &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} P_u L \\ &= \frac{1}{8} (1764)(7.8)^2 + \frac{1}{4} (8958.6)(7.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 30,884.49 \text{ kgm} \\
 V_u &= 0.5 (q_u L + P_u) \\
 &= 0.5 (1764 \times 7.8 + 8958.6) \\
 &= 11,358.90 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 682.46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{682.46}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\text{min}} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 682.46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{682.46}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{min1}} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \phi &= 0.90 \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{30,884.49 \times 10^4}{0.90 (400) (484.5)^2} \\
 &= 3.65 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 3.65}{420}} \right) \\
 &= 0.009
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= 0.009 > \rho_{\min} \\
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0.009 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 1805.05 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{1805.05}{0.25 \pi (25)^2} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 4(25) - 2(50) - 2(13)}{4 - 1} \\
 &= 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$= 69.30 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{69.30}{0.80}$$

$$= 86.62 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_t = 0.014 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 4D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$M_u = 0.5 M_u \text{ positif lapangan}$$

$$= 15,442.25 \text{ kgm}$$

$$\phi = 0.90$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{15,442.25 \times 10^4}{0.90 (400) (484.5)^2}$$

$$= 1.83$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14.12} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 14.12 \times 1.83}{420}} \right)$$

$$= 0.0045$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0.0045 > \rho_{\text{min}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0.0045 \times 400 \times 484.5$$

$$= 870.81 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}}$$

$$= \frac{870.81}{0.25 \pi (25)^2}$$

$$= 2 \text{ buah}$$

$$S_{\text{min1}} = D_{\text{tulangan}}$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$S_{\text{min2}} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{sengkang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\text{min}} \text{ (OK)}$$

Kontrol Regangan:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} \\
 &= 34.65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c &= \frac{a}{\beta_1} \\
 &= \frac{34.65}{0.80} \\
 &= 43.31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\epsilon_t = 0.03 > 0.005 \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

- Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= 113,589 \text{ N} \\
 V_c &= 0.17 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 194,911.17 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 146,183.37 \text{ N} \\
 0.5 \phi V_c &= 73,091.69 \text{ N} \\
 V_{s \text{ min}} &= 0.062 \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 71,658.52 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi (V_c + V_{s \text{ min}}) = 199,927.26 \text{ N}$$

Syarat:

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Kondisi 2:

$$0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow \text{memenuhi}$$

Oleh karena kondisi 2 persyaratan tulangan geser memenuhi, maka diperlukan tulangan geser minimum dalam perencanaan balok induk ini.

$$S_{\text{max1}} = \frac{d}{4}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{484.5}{4} \\
 &= 121.125 \text{ mm} \\
 S_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
 &= 6(25) \\
 &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\max 3} &= 150 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 120 \text{ mm} \\
 D_{\text{sengkan}} &= 13 \text{ mm} \\
 f_y \text{ sengkan} &= 420 \text{ MPa} \\
 \text{Sengkan} &= 2 \text{ kaki} \\
 A_{v \min 1} &= 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{bs}{f_y} \\
 &= 41.92 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \min 2} &= 0.35 \frac{bs}{fy} \\
 &= 40 \text{ mm}^2 \\
 A_{v \text{ pakai}} &= 2 \times 0.25 \pi D_{\text{sengkan}}^2 \\
 &= 2 \times 0.25 \pi 13^2 \\
 &= 265.46 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \\
 V_{s \text{ pakai}} &= \frac{A_v f_y d}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= \frac{265.46 \times 420 \times 484.5}{120} \\
 &= 450,161.56 \text{ N} > V_{s \min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser tumpuan D13-120 mm

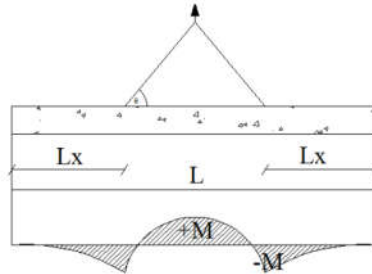
$$\begin{aligned}
 S_{\max} &= \frac{d}{2} \\
 &= \frac{484.5}{2} \\
 &= 242.5 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser lapangan D13-240 mm

- Saat Pengangkatan

$$\begin{aligned}
 d &= h_{\text{balok}} - \text{clear cover} - D_{\text{sengkan}} - 0.5D_{\text{tulangan}} \\
 &= 560 - 50 - 13 - 0.5(25) \\
 &= 484.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Pada saat pengangkatan direncanakan 2 titik angkat dengan lokasi titik pengangkatan berada pada daerah tumpuan. Berikut merupakan rencana pengangkatan balok induk.



Gambar 4.25 Titik Angkat Balok Induk

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{8}$$

$$y_t = \frac{h}{2} = \frac{56}{2} = 28 \text{ cm}$$

$$I_{\text{balok}} = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} 40(56)^3 = 585,387 \text{ cm}^4$$

$$y_c = y_t + 5 = 28 + 5 = 33 \text{ cm}$$

Balok direncanakan diangkat dengan sudut 45°

$$\theta = 45^\circ$$

$$L = 7.8 \text{ m}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{y_t}{y_b} \left(1 + \frac{4y_c}{L \tan \theta} \right)} \right)} = 0.23642 \text{ m}$$

$$LX = 7.8 (0.23642)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.84 \text{ m} \\
 W &= 752.64 \text{ kg/m} \\
 +M &= 1279.67 \text{ kgm} \\
 -M &= 1279.67 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Negatif Tumpuan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
 &= \frac{682.462}{0.25\pi(25)^2} \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\min 2} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{clearcover} - 2 D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n_{\text{pakai}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{682.462}{0.25\pi(25)^2} \\
&= 2 \text{ buah} \\
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
&= 224 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif tumpuan 2D25

- Tulangan Positif Lapangan

Oleh karena pada saat pengangkatan momen yang terjadi sangat kecil, maka untuk menentukan luasan tulangan yang diperlukan dapat langsung menggunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{pakai}} &= \rho_{\min} \\
&= 0.0035 \\
A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
&= 356.55 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n_{\text{pakai}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{tulangan}}} \\
&= \frac{356.55}{\frac{682.462}{0.25\pi(25)^2}} \\
&= 2 \text{ buah} \\
S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
&= 25 \text{ mm} \\
S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{\text{pakai}} D_{\text{tulangan}} - 2c_{\text{clearcover}} - 2D_{\text{senggang}}}{n_{\text{pakai}} - 1} \\
&= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
&= 224 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{hasil}} > S_{\min} \text{ (OK)}$$

∴ Maka digunakan tulangan positif lapangan 2D25

- Tulangan Negatif Lapangan

$$\begin{aligned}
 \rho_{pakai} &= \rho_{\min} \\
 &= 0.0035 \\
 A_s \text{ perlu} &= 0.0035 \times 400 \times 484.5 \\
 &= 356.55 \text{ mm}^2 \\
 n_{pakai} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \\
 &= \frac{356.55}{\frac{682.462}{0.25\pi(25)^2}} \\
 &= 2 \text{ buah} \\
 S_{\min 1} &= D_{\text{tulangan}} \\
 &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\min 2} &= 25 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &= \frac{b - n_{pakai} D_{\text{tulangan}} - 2 \text{ clear cover} - 2 D_{\text{senggang}}}{\frac{n_{pakai} - 1}{2 - 1}} \\
 &= \frac{400 - 2(25) - 2(50) - 2(13)}{2 - 1} \\
 &= 224 \text{ mm} \\
 S_{\text{hasil}} &> S_{\min} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan tulangan negatif lapangan 2D25

4.4.2.4 Pengangkatan Balok Induk

Sebelum melakukan instalasi balok induk, balok induk terlebih dahulu mengalami proses pengangkatan menuju titik lokasi pemasangan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan tulangan angkat untuk balok induk seperti pada balok anak yang telah dibahas pada subbab 4.3.4.4 sebelumnya. Untuk pengangkatan balok induk pada tugas akhir ini direncanakan dengan menggunakan dua titik angkat tanpa bantuan *spreader beam*.

- Perhitungan Tulangan Angkat
Faktor Kejut (K) = 1.2

$$\begin{aligned}
 DL &= h_{\text{pracetak}} \times b_{\text{pracetak}} \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0.56 (0.4) (7.8) (2400) \\
 &= 4,193.28 \text{ kg} \\
 q &= K \times 1.4DL \\
 &= 1.2 (1.4)(4,193.28)
 \end{aligned}$$

$$= 7,044.71 \text{ kg}$$

Gaya Angkat (T_u):

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{q}{2(\cos 45)} \\ &= \frac{7,044.71}{2\cos(45)} \\ &= 4,981.36 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Angkat

$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF} \\ &= \frac{0.7 \sqrt{35}}{1.5} \\ &= 2.76 \text{ MPa} \end{aligned}$$

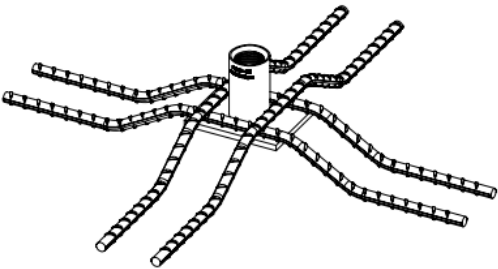
$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{6} b (h_{\text{pracetak}})^2 \\ &= \frac{1}{6} 40 (56)^2 \\ &= 20,906.67 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{balok}} &= \frac{M_u}{Z} \\ &= \frac{1,279.67 \times 10^4}{8405 \times 10^3} \\ &= 0.61 \text{ MPa} \end{aligned}$$

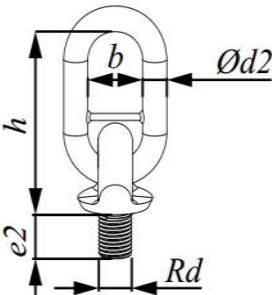
$$\sigma_{\text{balok}} < \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}$$

- Pemilihan Profil Tulangan Angkat

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Disetiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 63 kN dengan sudut $0^\circ - 45^\circ$.



Gambar 4.26 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4.27 Kait JL

4.4.2.5 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan balok induk.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (1)

Tipe Balok	BI 1		BI 2		BI 3	
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400 mm x 700 mm		400 mm x 700 mm		500 mm x 750 mm	
Bentang	7.8 m		7 m		10.5 m	
Decking	50 mm		50 mm		50 mm	
Atas	5D25	3D25	5D25	3D25	10D25	5D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	3D25	3D25
Bawah	3D25	4D25	3D25	4D25	6D25	9D25
Sengkang	2D13-120 mm	2D13-240 mm	2D13-120 mm	2D13-240 mm	2D13-80 mm	2D13-120 mm
Tu (kN)	49.81		44.70		64.56	
Tipe JRd/JM	JRd/JM36		JRd/JM36		JRd/JM42	

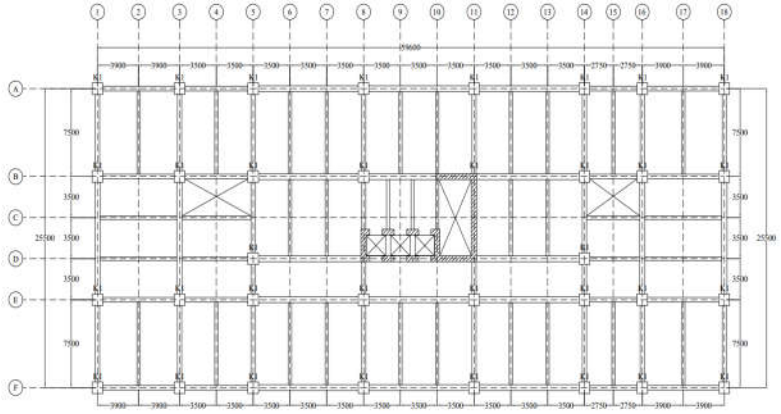
Tabel 4.30 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (2)

Tipe Balok	BI 4		BI 5		BI 6	
Tulangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Dimensi	400 mm x 700 mm		400 mm x 700 mm		400 mm x 700 mm	
Bentang	5.5 m		7.5 m		3.5 m	
Decking	50 mm		50 mm		50 mm	
Atas	4D25	3D25	5D25	3D25	7D25	4D25
Tengah	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25	2D25
Bawah	3D25	3D25	3D25	4D25	4D25	5D25
Senggang	2D13-120 mm	2D13-240 mm	2D13-120 mm	2D13-240 mm	2D13-80 mm	2D13-120 mm
Tu (kN)	35.12		47.90		22.35	
Tipe JRd/JM	JRd/JM 30		JRd/JM36		JRd/JM 24	

4.4.3 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk. Selain itu kolom juga berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom untuk tugas akhir pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dibedakan menjadi 3 tipe kolom, yaitu:

- K1 dimensi 100x100 cm dengan tinggi 3.5 m
- K2 dimensi 80x80 cm dengan tinggi 5 m
- K3 dimensi 80x80 cm dengan tinggi 3.2 m



Gambar 4.28 Denah Kolom

4.4.3.1 Data Perencanaan Kolom

Berikut merupakan data perencanaan kolom tipe 1 pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya:

- Dimensi Kolom = 100x100 cm
- f'_c = 45 MPa
- f_y = 420 MPa
- Tinggi Lantai = 3.5 m
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 16 mm
- *Clear Cover* = 50 mm

4.4.3.2 Perhitungan Tulangan Kolom

Kombinasi beban aksial dan momen yang bekerja pada kolom tipe 1 diperoleh dari hasil analisis ETABS sebagai berikut:

Tabel 4.31 Gaya Aksial dan Momen K1

Beban	P (kN)	M (kNm)
0.9D - Eq x	5954.48	652.10
0.9D - Eq y	5836.98	456.25
0.9D - Rsp x	6017.98	429.36
0.9D - Rsp y	5999.67	511.18
0.9D + Eq x	5862.18	657.17
0.9D + Eq y	6054.13	656.15
0.9D + Rsp x	6017.98	429.36
0.9D + Rsp y	5999.67	511.18
1.2D + 1.6L	9907.96	402.27
1.2D + L - Eq x	9192.80	667.22
1.2D + L - Eq y	9075.30	483.60
1.2D + L - Rsp x	9256.29	571.67
1.2D + L - Rsp y	9237.98	651.69
1.2D + L + Eq x	9100.49	666.45
1.2D + L + Eq y	9217.99	819.26
1.2D + L + Rsp x	9256.29	571.67

1.2D + L + Rsp y	9237.98	651.69
1.4D	9190.74	257.02

Data lain yang didapatkan dari ETABS yang diperlukan dalam perhitungan kolom yaitu:

$$P_u = 9,907.96 \text{ kN}$$

$$V_u = 551.05 \text{ kN}$$

$$M_u = 819.26 \text{ kNm}$$

$$T_u = 48.44 \text{ kNm}$$

- Kontrol Dimensi Kolom

Menurut ACI 318M-14 pasal 18.7.2.1, jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah $\geq \frac{A_g f'_c}{10}$, maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi 2 syarat pada pasal tersebut.

$$P_u \geq \frac{A_g f'_c}{10}$$

$$9,907.96 \text{ kN} \geq \frac{1000 \times 1000 \times 45 \times 10^{-3}}{10}$$

$$9,907.96 \text{ kN} \geq 4,500 \text{ kN}$$

Maka dari itu syarat pada ACI 318M-14 pasal 18.7.2.1 harus dipenuhi.

Syarat 1:

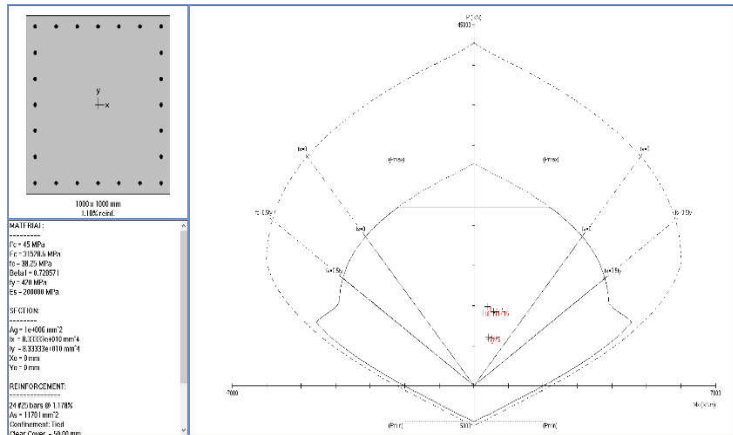
$$\begin{aligned} \text{Dimensi penampang terpendek} &\geq 300 \text{ mm} \\ 1000 \text{ mm} &\geq 300 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

Syarat 2:

$$\begin{aligned} \text{Rasio dimensi penampang} &\geq 0.4 \\ \frac{1000}{1000} = 1 &\geq 0.4 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Penulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan kolom menggunakan program bantu spColumn dan didapatkan diagram interaksi sebagai berikut:



Gambar 4.29 Diagram Interaksi Gaya Aksial dan Momen

Jumlah tulangan yang digunakan untuk kolom tipe 1 ialah 24 D25. Sementara itu, dari diagram interaksi menggunakan program bantu spColumn, didapatkan:

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0.90 \times 4,579.19 \geq 819.26$$

$$4,121.27 \text{ kNm} \geq 819.26 \text{ kNm (OK)}$$

- Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.7.4.1, luas tulangan longitudinal, A_{st} , tidak boleh kurang dari $0.01 A_g$ atau lebih dari $0.06 A_g$.

$$\begin{aligned} A_{st} &= n_{tulangan} \times A_s \\ &= 24 \times 0.25\pi(25)^2 \\ &= 11,780.97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_g &= 1000 \times 1000 \\ &= 1,000,000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$0.01A_g = 10,000 \text{ mm}^2$$

$$0.06A_g = 60,000 \text{ mm}^2$$

$$0.01A_g \leq A_{st} \leq 0.06A_g \text{ (OK)}$$

- Integritas Struktur

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 16.2.4.3, suatu kolom pracetak harus mempunyai kekuatan nominal dalam kondisi tarik sebesar:

$$A_s f_y \geq 1.4 A_g$$

$$4,948,008 \text{ N} \geq 1,400,000 \text{ N (OK)}$$

- Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

Menurut ACI 318M-14 pasal 22.4.2.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$P_n \leq P_{n \max}$$

$$P_u \leq \phi 0.80 P_o$$

$$\phi = 0.65$$

$$P_o = 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}$$

$$= 0.85 (45) (988,219.03) + 420 (11,780.97)$$

$$= 42,747,386 \text{ N}$$

$$= 42,747.39 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0.65 (0.80) (42,747.39)$$

$$9,907.96 \text{ kN} \leq 22,228.64 \text{ kN (OK)}$$

- Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka ACI 318M-14 pasal 18.7.3.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} \geq \frac{6}{5} \sum M_{nb}$$

Nilai M_{nc} merupakan nilai momen kapasitas kolom yang didapat dari diagram interaksi pada program bantu spColumn, sedangkan nilai M_{nb} merupakan nilai momen kapasitas balok yang telah dihitung pada subbab 4.4.2.3 sebelumnya.

$$\phi M_{nc} = 4,121.27 \text{ kNm}$$

$$M_{nb1} = 1212 \text{ kNm}$$

$$M_{nb2} = 650.65 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \sum M_{nc} &\geq \frac{6}{5} \sum M_{nb} \\
 4,121.27 &\geq 1.2 (1212 + 650.65) \\
 4,121.27 \text{ kNm} &\geq 2235.18 \text{ kNm (OK)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Gaya Tekan Terhadap Gaya Geser Desain
Gaya geser desain, V_e , didapatkan dari program bantu spColumn dengan menggunakan $f_s = 1.25 f_y$.

$$\begin{aligned}
 f_s &= 525 \text{ MPa} \\
 L_u &= 2.75 \text{ m} \\
 M_{pr} &= 4,858.12 \text{ kNm} \\
 V_e &= \frac{2M_{pr}}{L_u} \\
 &= \frac{2(4858.12)}{2.75} \\
 &= 3,533.18 \text{ kN} \\
 V_e &\geq V_u = 551.05 \text{ kN (OK)}
 \end{aligned}$$

- Tulangan Geser

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.7.5.1, tulangan transversal harus disediakan sepanjang l_0 dari muka *joint* dengan nilai l_0 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{o1} &= \text{dimensi kolom} \\
 &= 1000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{o2} &= \frac{1}{6} L_u \\
 &= 458.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{o2} = 450 \text{ mm}$$

$$l_{o \text{ pakai}} = 1000 \text{ mm}$$

Menurut ACI 318M-14 pasal 18.7.5.3, spasi yang digunakan untuk tulangan geser tidak boleh melebihi berikut:

$$\begin{aligned}
 s_{\max 1} &= \frac{1}{4} \text{ dimensi kolom} \\
 &= \frac{1}{4} (1000) \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s_{\max 2} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
 &= 6(25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 150 \text{ mm} \\
 100 &\leq s_{\max 3} \leq 150 \text{ mm} \\
 s_{\text{pakai}} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penentuan nilai luasan tulangan minimum untuk tulangan transversal diatur dalam ACI 318M-14 pasal 18.10.6.4.

$$\begin{aligned}
 b_{c1} &= \text{Jarak terjauh antar tulangan longitudinal} \\
 &= 1000 - 2(50) \\
 &= 900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{c2} &= b_{c1} \\
 &= 900 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= b_{c1} \times b_{c2} \\
 &= 810,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0.3A_g f'_c &= 0.3 (10^6) (45) \\
 &= 13,500 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$0.3A_g f'_c > P_u = 9,907.96 \text{ kN} \rightarrow \text{tidak perlu } A_{sh \text{ min}3}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh \text{ min}1} &= 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\
 &= 678.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh \text{ min}2} &= 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\
 &= 867.86 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{sh \text{ min}3} = \text{Tidak diperlukan}$$

$$A_{sh \text{ min pakai}} = 867.86 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh \text{ tulangan}} &= 0.25\pi(16)^2 \\
 &= 201.06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n \text{ pakai} = 5 \text{ buah}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser 5D16-100 mm sepanjang daerah plastis = 1000 mm + 370 mm (*splice sleeve*) ≈ 1400 mm.

Untuk spasi tulangan transversal diluar sendi plastis dipasang berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.10.7.4, yaitu:

$$\begin{aligned}
 s_{\max 1} &= 6D_{\text{longitudinal}} \\
 &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\max 2} = 150 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 150 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan tulangan geser 5D16-150 mm diluar daerah plastis

- Tulangan Torsi

$$T_u = 4844.19 \text{ kgm (Hasil ETABS)}$$

$$= 48.44 \text{ kNm}$$

$$N_u = 9,907.96 \text{ kN}$$

$$A_{cp} = 1000 \times 1000$$

$$= 1,000,000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(1000 + 1000)$$

$$= 4,000 \text{ mm}$$

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor T_u kurang dari perumusan berikut:

$$T_u \leq \phi T_{cr}$$

$$\begin{aligned} T_{cr} &= 0.33\lambda\sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33A_g\lambda\sqrt{f'_c}}} \\ &= 0.33(1) \sqrt{45} \left(\frac{1,000,000}{4,000} \right) \sqrt{1 + \frac{9907.96}{0.33 \times 10^6 \sqrt{45}}} \\ &= 554.66 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi T_{cr} = 416.00 \text{ kNm}$$

$$\phi T_{cr} \geq T_u = 48.44 \text{ kNm (Tidak Perlu Tulangan Torsi)}$$

4.4.3.3 Pengangkatan Kolom

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= -0.0054 \text{ w } l^2 \\ &= -0.0054 (2880) 3.5^2 \\ &= -190.51 \text{ kgm} \end{aligned}$$

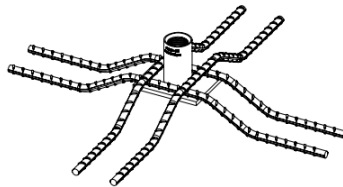
$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= 0.0034 \text{ w } l^2 \\ &= 0.0034 (2880) 3.5^2 \\ &= 1199.52 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \max} &= 0.96 \text{ w } l \\ &= 0.96 (2880) 3.5 \\ &= 9676.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

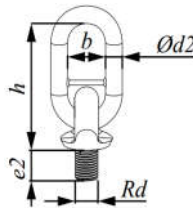
- Kontrol Tegangan

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{kolom}} &< \sigma_{\text{ijin}} \\
 \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{0.7 \sqrt{f'_c}}{SF} \\
 &= \frac{0.7 \sqrt{25}}{1.5} \\
 &= 2.76 \text{ MPa} \\
 Z &= \frac{1}{6} b(h)^2 \\
 \sigma_{\text{kolom}} &= \frac{M_u}{Z} \\
 &= \frac{9676.8 \times 10^{-3}}{\frac{1}{6} (3.5)^2} \\
 &= 0.59 \text{ MPa} \\
 \sigma_{\text{kolom}} &< \sigma_{\text{ijin}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Tulangan angkat yang digunakan adalah jenis Jenka Lifting System dari Peikko Group. Tipe yang digunakan adalah Jenka PSA Short Insert dengan kait JL. Di setiap titik angkat, profil ini dapat mengangkat beban sebesar 80 kN dan 40 kN dengan sudut $0^\circ - 45^\circ$.



Gambar 4.30 Jenka PSA Short Inserts



Gambar 4.31 Kait JL

4.4.3.4 Rekapitulasi Tulangan Kolom

Berikut merupakan rekapitulasi tulangan balok induk.

Tabel 4.32 Rekapitulasi Tulangan Kolom

Tipe	K1		K2		K3	
Kondisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Penampang	100x100 cm		80x80 cm		80x80 cm	
Tulangan	24 D25		16 D25		16 D25	
Senggang	5D16-100 mm	5D16-150 mm	4D16-100 mm	4D16-150 mm	4D16-100 mm	4D16-150 mm
Tu (kN)	71.28		65.17		41.71	
	35.64		32.58		20.85	
Tipe JL	JRd/JM42		JRd/JM42		JRd/JM36	
	JRd/JM 30		JRd/JM 30		JRd/JM 24	

4.4.4 Perencanaan *Shear Wall*

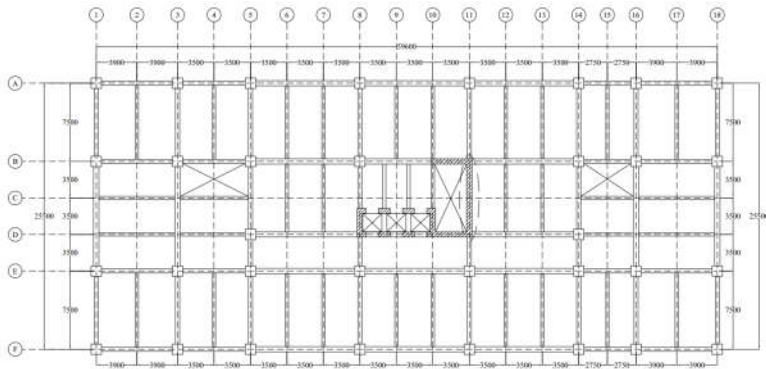
Suatu dinding geser direncanakan untuk menahan gaya gempa sebesar maksimal 75% gaya gempa yang disalurkan pada struktur bangunan. Perencanaan *shear wall* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *shear wall* arah X dan arah Y. *Shear wall* arah X menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu X. Sedangkan *shear wall* arah Y menahan semua gaya yang mengakibatkan gedung bergerak ke arah sumbu Y. Pada subbab 4.4.4.2 akan ditunjukkan perhitungan *shear wall* arah Y.

4.4.4.1 Data Perencanaan *Shear Wall*

Berikut merupakan data perencanaan *shear wall* pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya:

- Tebal Dinding = 50 cm
- Lebar Dinding = 700 cm
- Tinggi Dinding = 500 cm

- f'_c = 35 MPa
- f_y = 420 MPa
- Tulangan Longitudinal = 25 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 50 mm



Gambar 4.32 Lokasi *Shear Wall*

4.4.4.2 Perhitungan Tulangan Dinding Geser

Data yang didapatkan dari ETABS yang diperlukan dalam perhitungan *shear wall* yaitu:

$$P_u = 23,247.97 \text{ kN}$$

$$V_u = 4,861.80 \text{ kN}$$

$$M_u = 29,560.40 \text{ kNm}$$

- Kontrol Ketebalan Minimum Dinding Geser

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 11.3.1.1, ketebalan dinding (h) tidak boleh kurang dari persyaratan berikut:

$$h_{\min 1} = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} h_{\min 2} &= \frac{1}{25} h_w \\ &= \frac{5000}{25} \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\min 3} &= \frac{1}{25} l_w \\
 &= \frac{7500}{25} \\
 &= 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm} \geq h_{\min} \text{ (OK)}$$

- Kontrol Dimensi Penampang Terhadap Gaya Geser

Menurut ACI 318M-14 pasal 18.10.4.4, kombinasi V_n tidak boleh diambil lebih besar dari syarat berikut:

$$V_n \leq 0.83 A_{cw} \sqrt{f'_c}$$

$$\begin{aligned}
 A_{cw} &= l_w \times h \\
 &= 7500 \times 500 \\
 &= 3,750,000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi 0.83 A_{cw} \sqrt{f'_c}$$

$$V_u \leq 0.75 \times 0.83 \times 3,750,000 \sqrt{35}$$

$$4,861.80 \text{ kN} \leq 13,810.35 \text{ kN (OK)}$$

- Jumlah Lapis Tulangan

Syarat 1:

$$V_u > 0.17 A_{cv} \lambda \sqrt{f'_c}$$

$$A_{cv} = 3,750,000$$

$$V_u > 0.17 \times 3,750,000 \sqrt{35}$$

$$4,861.80 \text{ kN} > 3,771.5 \text{ kN} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

Syarat 2:

$$h > 250 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2 \text{ lapis tulangan}$$

∴ Maka digunakan 2 lapis tulangan pada desain dinding geser untuk tugas akhir ini

- Kuat Geser

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.10.4.1, syarat yang harus dipenuhi untuk kuat geser yaitu:

$$V_u < \phi A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

$$\begin{aligned}
\frac{h_w}{l_w} &= \frac{41700}{7500} \\
&= 5.56 \\
\frac{h_w}{l_w} &\geq 1.5 \\
\alpha_c &= 0.17 \\
D_{\text{sengkang}} &= 13 \text{ mm} \\
A_v &= 2 \times \pi (13)^2 \\
&= 265.46 \text{ mm}^2 \\
s &= 200 \text{ mm} \\
d &= 500 - 50 - 13 - 0.5(25) \\
&= 424.5 \text{ mm} \\
\rho_t &= \frac{A_v}{s d} \\
&= 0.0031 \\
\rho_{t \text{ min}} &= 0.0025 \\
\rho_{t \text{ pakai}} &= 0.0031 \\
V_u &< \phi A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \\
&< 0.75(3,750,000)(0.17\sqrt{35} + 0.0031 \times 420) \\
4,861.80 \text{ kN} &< 6522.15 \text{ kN (OK)}
\end{aligned}$$

- Kontrol Spasi

- ACI 318M-14 pasal 18.10.2.1

$$S_{\text{transversal}} = 200 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\text{longitudinal}} = 175 \text{ mm} < 450 \text{ mm (OK)}$$

- ACI 318M-14 pasal 11.7.3.1

$$S_{\text{trsv horz.}} < 3h = 3(500)$$

$$< 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{trsv horz.}} < 450 \text{ mm}$$

$$S_{\text{trsv horz.}} < \frac{l_w}{5} = \frac{7500}{5} = 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{trsv horz.}} = 200 \text{ mm (OK)}$$

- ACI 318M-14 pasal 11.7.2.1

$$S_{\text{trsv vert.}} < 3h = 3(500)$$

$$< 1500 \text{ mm}$$

$$S_{\text{trsv vert.}} < 450 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S_{trsv \text{ vert.}} &< \frac{l_w}{3} = \frac{7500}{3} = 2500 \text{ mm} \\ S_{trsv \text{ vert.}} &= 200 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol Komponen Batas

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.10.6.2, penentuan elemen pembatas khusus berdasarkan pendekatan perpindahan (*displacement method*) dimana elemen pembatas diperlukan apabila:

$$\begin{aligned} c &\geq \frac{l_w}{600\left(\frac{1.5\delta_u}{h_w}\right)} \\ \delta_u &= 12.2045 \text{ mm} \\ \frac{\delta_u}{h_w} &= \frac{12.2045}{5000} \\ &= 0.0024 \\ \frac{\delta_u}{h_w}_{\min} &= 0.005 \\ \frac{\delta_u}{h_w}_{\text{pakai}} &= 0.005 \\ c_{\text{spColumn}} &= 2784 \text{ mm} \\ c &= \frac{7500}{600(1.5 \times 0.005)} \\ &= 1666.67 \text{ mm} \end{aligned}$$

2784 mm \geq 1666.67 mm \rightarrow butuh komponen batas

Menurut ACI 318M-14 pasal 18.10.6.3, komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada *shear wall* lebih dari $0.2f'_c$.

$$\begin{aligned} \frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} &> 0.2 f'_c \\ \frac{29560 \times 10^6}{\frac{1}{6} 500(5000)^3} + \frac{23247965}{2500000} &> 0.2 \quad (35) \\ 23.49 \text{ MPa} &> 7 \text{ MPa} \rightarrow \text{butuh komponen batas} \end{aligned}$$

- Panjang Elemen Pembatas

Dari perhitungan kontrol diatas, panel tersebut harus diberi *boundary element*. Menurut ACI 318M-14 pasal

18.10.6.4, *boundary element* harus dipasang horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari persyaratan berikut.

Syarat 1:

$$c - 0.1 l_w = 2784 - 0.1 (7500) \\ = 2034 \text{ mm}$$

Syarat 2:

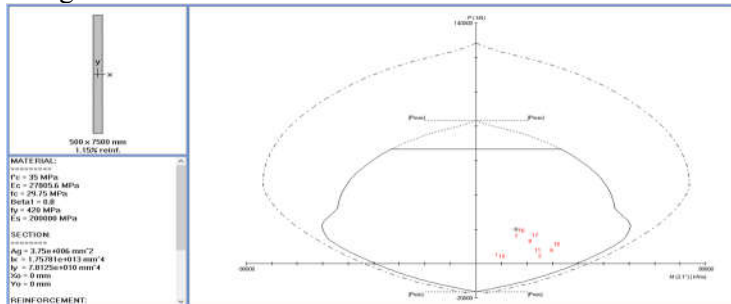
$$\frac{c}{2} = \frac{2784}{2} \\ = 1392 \text{ mm}$$

$$c_{\text{pakai}} = 2100 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan jarak elemen pembatas 2100 mm

- Kontrol Tulangan Longitudinal *Shear Wall*

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan *shear wall* menggunakan program bantu spColumn, didapatkan diagram interaksi sebagai berikut:



Gambar 4.33 Diagram Interaksi *Shear Wall*

Dari hasil analisa program bantu spColumn, digunakan tulangan longitudinal 88 D25. Dari grafik di atas, didapatkan momen nominal *shear wall*:

$$\phi M_n = 78,279.63 \text{ kNm} \geq M_u = 29,560.4 \text{ kNm (OK)}$$

4.5 Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

4.5.1 Umum

Sambungan merupakan hal yang penting karena sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur yang satu ke elemen struktur lainnya, mulai dari pelat, balok, kolom, dan pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

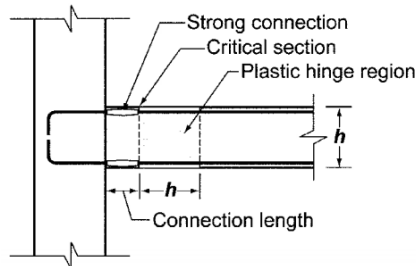
Pada perencanaan tugas akhir ini, direncanakan dengan menggunakan sambungan mekanis untuk penyambungan antar tulangannya.

Pada daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

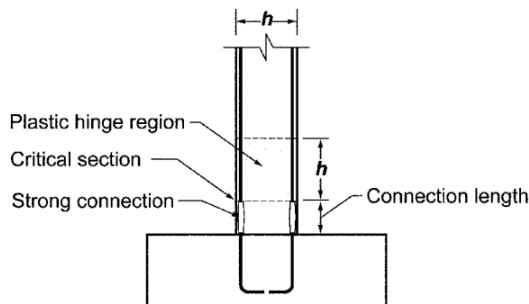
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan. Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

4.5.2 Konsep Desain Sambungan

Konsep desain sambungan pada perencanaan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya ini berdasarkan dengan detail sambungan yang disyaratkan pada ACI 318M-14 pasal 18.9 sebagai berikut:



Gambar 4.34 Detail Sambungan Balok – Kolom



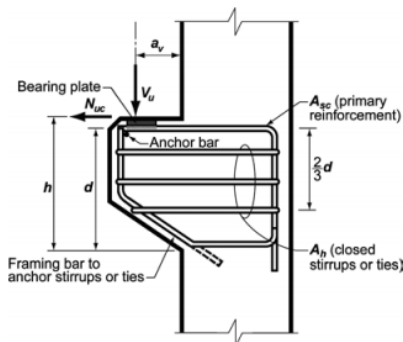
Gambar 4.35 Detail Sambungan Kolom – Pondasi

Pada tugas akhir ini, direncanakan sambungan dengan menggunakan produk dari Peikko Group untuk sambungan antar balok dan sambungan balok – kolom serta produk dari NMB Splice Sleeve untuk sambungan antar kolom yang kemudian akan di *grouting* dengan mortar mutu tinggi untuk menjaga kesatuan sambungan. Sementara itu, untuk menahan beban balok dan gaya geser friksi akan digunakan konsol pendek baik pada kolom maupun pada balok induk.

4.5.3 Perencanaan Konsol pada Elemen Pracetak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dengan kolom maupun balok induk dengan balok anak, dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian

dirangkai menjadi satu kesatuan. Demikian juga antara balok induk dan balok anak, konsol berada pada balok induknya. Perencanaan konsol tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam ACI 318M-14 pasal 16.5.



Gambar 4.36 Detail Penulangan Konsol Pendek

4.5.3.1 Data Perencanaan

Berikut merupakan data perencanaan konsol pendek untuk balok dimensi 40/70 pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya:

- f'_c = 45 MPa
- f_y = 420 MPa
- Tulangan Longitudinal = 16 mm
- Tulangan Transversal = 13 mm
- *Clear Cover* = 50 mm
- b = 400 mm
- h = 300 mm
- d = $h - \text{clear cover} - 0.5D$
= $300 - 50 - 0.5(16)$
= 242 mm
- a_v = 150 mm

4.5.3.2 Perhitungan Tulangan Konsol Pendek

Data-data yang diperlukan dalam perhitungan tulangan konsol pendek yaitu:

$$V_u = 361.65 \text{ kN}$$

$$N_u = 72.33 \text{ kN}$$

- Luas Pelat Landasan

$$V_u = \phi \times 0.85 \times f'_c \times A_1$$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{V_u}{\phi 0.85 f'_c} \\ &= \frac{361.65 \times 10^3}{0.75(0.85)45} \\ &= 12606.47 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

∴ Maka digunakan pelat landasan ukuran 400x175 dengan tebal 15 mm

- Luas Tulangan Geser Friksi

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 16.5.2.4, untuk beton normal, kuat geser (V_n) tidak boleh diambil melebihi nilai-nilai berikut:

Syarat 1:

$$\begin{aligned} V_{n \max 1} &\leq 0.2 f'_c b d \\ &\leq 0.2 (45) (400) (242) \\ &\leq 871.2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat 2:

$$\begin{aligned} V_{n \max 2} &\leq (3.3 + 0.08 f'_c) b d \\ &\leq (3.3 + 0.08 \times 45) (400) (242) \\ &\leq 667.92 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat 3:

$$\begin{aligned} V_{n \max 3} &\leq 11 b d \\ &\leq 11(400) (242) \\ &\leq 1064.8 \text{ kN} \end{aligned}$$

Cek V_n

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{361.65}{0.75} \\
 &= 482.20 \text{ kN} \leq V_{n \text{ max}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- Luas Tulangan Lentur

Perhitungan didasarkan pada peraturan ACI 318M-14 pasal 16.3.5.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M_u &= V_u \times a_v + N_u (h - d) \\
 &= 361.65 (1000) (150) + 72.33 (1000) (300 - 242) \\
 &= 58.44 \times 10^6 \text{ Nmm} \\
 &= 58.44 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_f &= \frac{M_u}{\phi f_y j d} \\
 &= \frac{58.44 \times 10^6}{0.75 (420) (0.85) (242)} \\
 &= 901.95 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_n &= \frac{N_u}{\phi f_y} \\
 &= \frac{72.33 \times 1000}{0.75 (420)} \\
 &= 229.62 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\
 &= \frac{482.20 \times 1000}{420 \times 1.4} \\
 &= 820.06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Pemilihan Tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{sc1} &= A_f + A_n \\
 &= 901.95 + 229.62 \\
 &= 1131.57 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc2} &= \frac{2}{3} A_{vf} + A_n \\
 &= \frac{2}{3} (820.06) + 229.62 \\
 &= 776.33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{sc3} = 0.04 \frac{f'_c}{f_y} b d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.04 \frac{45}{420} (400) (242) \\
 &= 1131.57 \text{ mm}^2 \\
 A_{sc \text{ pakai}} &= 1131.57 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_{sc \text{ pakai}}}{\frac{0.25\pi D 16^2}{1131.57}} \\
 &= \frac{1131.57}{\frac{0.25\pi 16^2}{}} \\
 &= 6 \text{ buah} \\
 A_h &= 0.5 (A_{sc} - A_n) \\
 &= 0.5 (1131.57 - 229.62) \\
 &= 450.98 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_h}{\frac{0.25\pi D 13^2}{450.98}} \\
 &= \frac{450.98}{\frac{0.25\pi 13^2}{}} \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Tulangan dipasang sepanjang } \frac{2}{3}d = 161.33 \approx 165 \text{ mm}$$

4.5.3.3 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek

Pada subbab sebelumnya telah dijabarkan perhitungan konsol pendek yang digunakan untuk sambungan balok induk ke kolom. Selain itu, konsol pendek juga digunakan untuk sambungan balok induk ke balok anak. Perhitungan juga dilakukan dengan cara yang sama seperti konsol pendek yang terletak pada kolom. Berikut merupakan rekapitulasi penulangan konsol pendek.

Tabel 4.33 Rekapitulasi Tulangan Konsol Pendek

Sambungan	V_u (kN)	N_u (kN)	Ukuran		$D_{\text{longitudinal}}$ (mm)	$D_{\text{transversal}}$ (mm)	A_{sc} (mm ²)	n (buah)	A_h (mm ²)	n (buah)
			b (mm)	h (mm)						
Kolom - Balok Induk 50/75	442.50	88.50	500	300	16	13	1384.54	7.00	551.79	5.00
Kolom - Balok Induk 40/70	361.65	72.33	400	300	16	13	1131.57	6.00	450.98	4.00
Balok Induk 50/75 - Balok Anak	108.59	21.72	300	200	13	13	524.83	4.00	227.94	2.00
Balok Induk 40/70 - Balok Anak	61.69	12.34	300	150	13	13	436.63	4.00	198.73	2.00

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok – Kolom

Sambungan balok dengan kolom memanfaatkan panjang penyaluran pada tulangan balok. Tulangan balok nantinya akan diteruskan atau dikaitkan ke dalam kolom. Panjang penyaluran bagian bawah akan menerima tekan dan panjang penyaluran bagian atas akan menerima Tarik. Maka perhitungan panjang penyaluran dihitung dalam dua kondisi yaitu tekan dan tarik. Pada sambungan balok – kolom terdapat 2 kondisi yaitu sambungan *single-sided connection* dan *double-sided connection*.

Seperti yang sudah disebutkan pada subbab sebelumnya, dalam perencanaan sambungan tugas akhir ini akan digunakan produk sambungan dari Peikko group yaitu dengan menggunakan Modix Rebar Couplers. Diketahui bahwa Modix Rebar Coupler didesain untuk sambungan elemen pracetak yang tahan terhadap gaya tarik maupun gaya tekan yang terjadi pada penampang beton. Kekuatan leleh yang dimiliki oleh Modix Rebar Coupler adalah 550 MPa, sehingga sambungan coupler ini dapat digunakan karena kekuatan leleh pada baja tulangan hanya 420 MPa. Dalam perencanaan tulangan atas dan bawah digunakan Modix Rebar Coupler type PM. Untuk kait standar juga menggunakan produk Peikko Group. Berikut merupakan perhitungan sambungan balok induk – kolom:

4.5.5.1 Data Perencanaan

- f'_c = 35 MPa
- f_y = 420 MPa
- d_b = 25 mm

4.5.5.2 Perhitungan *Single-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara B11 dengan K1:

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dh2} &= 8d_b \\
 &= 8(25) \\
 &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dh} = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan Modix Coupler SM25A-P12-760(460) -SM25B-P-1650.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 D_{\text{luar}} &= 41 \text{ mm} \\
 D_{\text{dalam}} &= 25 \text{ mm} \\
 f_y &= 550 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 N_{rd} &\geq 1.25 A_s f_y \\
 (41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 &\geq 1.25 \times 490.81 \times 420 \\
 456,159.25 \text{ N} &\geq 257,708.1 \text{ N (OK)}
 \end{aligned}$$

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (420) (25) \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- **Pemilihan Profil Sambungan**

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650.

- **Kontrol Kekuatan Sambungan**

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$D_{\text{luar}} = 41 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam}} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.81 \times 420$$

$$456,159.25 \text{ N} \geq 257,708.1 \text{ N (OK)}$$

4.5.5.3 Perhitungan *Double-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BI4 dengan BI1 pada K1:

- **Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik**

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

$$= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25$$

$$= 425.96 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8d_b$$

$$= 8(25)$$

$$= 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dh} = 460 \text{ mm}$ dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650. Sedangkan pada bagian tulangan yang tidak memiliki pasangan digunakan SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$D_{\text{luar}} = 41 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam}} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.81 \times 420$$

$$456,159.25 \text{ N} \geq 257,708.1 \text{ N (OK)}$$

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (420) (25) \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dc} = 460 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650.

- Kontrol Kekuatan Sambungan

Kekuatan sambungan harus lebih besar dari 1.25 kali kekuatan tulangan. Modix Coupler SM 25 memiliki dimensi sebagai berikut:

$$D_{\text{luar}} = 41 \text{ mm}$$

$$D_{\text{dalam}} = 25 \text{ mm}$$

$$f_y = 550 \text{ MPa}$$

Kontrol:

$$N_{rd} \geq 1.25 A_s f_y$$

$$(41^2 - 25^2) \times 0.25\pi \times 550 \geq 1.25 \times 490.81 \times 420$$

$$456,159.25 \text{ N} \geq 257,708.1 \text{ N (OK)}$$

4.5.5.4 Rekapitulasi Sambungan

Berikut merupakan rekapitulasi sambungan balok – kolom:

Tabel 4.34 Rekapitulasi *Single-Sided Connection*

B11 - K1, K2, K3	
Tarik	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650

BI5 - K1, K2, K3	
Tarik	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650

Tabel 4.35 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (1)

BI1 - BI2 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
BI2 - BI5 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
BI4 - BI1 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
BI3 - BI3 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
BI6 - BI2 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
	SM25B-P-1650-SM25A-P12-760(460)
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
BI5 - BI6 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
BI2 - BI3 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-1000-SM25B-P-1750
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1750
BI3 - BI5 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750

Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650
BI3 - BI4 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-1000-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-1000-PM25-SM25B-P-1650

Tabel 4.36 Rekapitulasi *Double-Sided Connection* (2)

BI1 - BI2 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
BI2 - BI5 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
BI4 - BI1 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
BI3 - BI3 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-800-SM25B-P-1750
Tekan	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1750
BI6 - BI2 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
	SM25B-P-1650-SM25A-P12-760(460)
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
BI5 - BI6 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1650
Tekan	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
BI2 - BI3 - K1	
Tarik	SM25B-P-1650-SM25A-D-800-SM25B-P-1750
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750

Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1650-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1750
BI3 - BI5 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650
BI3 - BI4 - K1	
Tarik	SM25B-P-1750-SM25A-D-800-SM25B-P-1650
	SM25A-P12-760(460)-SM25B-P-1750
Tekan	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1750
	SM25A-L-460-PM25-SM25B-P-1650
	SM25B-P-1750-PM25-SM25A-D-800-PM25-SM25B-P-1650

4.5.5 Perencanaan Sambungan Balok Anak – Balok Induk

Sama halnya dengan sambungan balok – kolom, sambungan balok anak – balok induk pada tugas akhir ini dapat dilihat sebagai berikut:

4.5.5.1 Data Perencanaan

- $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- $f_y = 420 \text{ MPa}$
- $d_b = 25 \text{ mm}$

4.5.5.2 Perhitungan *Single-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BA1 dengan BI1:

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$l_{dh1} = \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm} \\
 l_{dh2} &= 8d_b \\
 &= 8(25) \\
 &= 200 \text{ mm} \\
 l_{dh3} &= 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

∴ Maka dipakai $l_{dh} = 200 \text{ mm}$ karena balok anak hanya sebagai balok sekunder dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik dilakukan secara manual tanpa menggunakan produk Peikko.

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\
 &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\
 &= 425.96 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_r d_b \\
 &= 0.043 (420) (25) \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dc} = 200 \text{ mm}$ karena balok anak merupakan balok sekunder.

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350.

4.5.5.3 Perhitungan *Double-Sided Connection*

Berikut merupakan contoh perhitungan sambungan antara BA4 dengan BA3 pada BI3:

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.3.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l_{dh1} &= \frac{0.24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\ &= 425.96 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dh2} &= 8d_b \\ &= 8(25) \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dh} = 250 \text{ mm}$ karena balok anak hanya sebagai balok sekunder dengan kait minimum panjang penyaluran yang masuk ke dalam balok induk dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 \times d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tarik dilakukan secara manual tanpa menggunakan produk Peikko.

- Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tekan

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9.1, panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan yang diakhiri dengan kait standar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \\ &= \frac{0.24(420)}{\sqrt{35}} 25 \\ &= 425.96 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_{dc2} &= 0.043 f_y \psi_f d_b \\
 &= 0.043 (420) (25) \\
 &= 451.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_{dc3} = 200 \text{ mm}$$

∴ Maka dipakai $l_{dc} = 250 \text{ mm}$ karena balok anak merupakan balok sekunder.

- Pemilihan Profil Sambungan

Sambungan tulangan pada bagian tekan menggunakan Modix Coupler SM25B-P-1350-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-1350.

4.5.5.4 Rekapitulasi Sambungan

Berikut merupakan rekapitulasi sambungan balok anak – balok induk:

Tabel 4.37 Rekapitulasi *Single-Sided Connection*

Tipe Balok Anak	Tipe Balok Induk	l_{dh} (mm)	l_{dc} (mm)	Profil Sambungan
				Tekan
BA1	BI1	200	200	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350
BA1	BI2	200	200	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350
BA1	BI3	250	250	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350
BA1	BI4	200	200	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350
BA2	BI3	250	250	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350
BA3	BI3	250	250	SM25A-L-200-PM25-SM25B-P-1350

Tabel 4.38 Rekapitulasi *Double-Sided Connection*

Tipe Balok Anak	Tipe Balok Induk	l_{dh} (mm)	l_{dc} (mm)	Profil Sambungan
				Tekan
BA2 - BA1	BI3	250	250	SM25B-P-1350-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-1350
BA3 - BA2	BI3	250	250	SM25B-P-1350-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-1350
BA4 - BA3	BI3	250	250	SM25B-P-1350-PM25-SM25A-D-500-PM25-SM25B-P-1350

4.5.6 Perencanaan Sambungan Balok – Pelat

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan-tulangan yang muncul pada balok induk. Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan, tulangan yang muncul tersebut diberi *overtopping* dengan metode cor ditempat. Proses *overtopping* tersebut dilakukan bersamaan dengan proses penyambungan *overtopping* balok pracetak (sambungan balok induk dan kolom pracetak). Dapat disimpulkan bahwa semua komponen pracetak dapat dilakukan dalam waktu bersamaan.

4.5.6.1 Data Perencanaan

- $f'_c = 35 \text{ MPa}$
- $f_y = 420 \text{ MPa}$
- $d_b = 10 \text{ mm}$

4.5.6.2 Perhitungan Sambungan

- Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.2, panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi Tarik tidak boleh kurang dari sebagai berikut:

$$l_{d1} \geq 300 \text{ mm}$$

$$l_{d2} \geq \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$\geq \left(\frac{420}{2.1 \sqrt{35}} \right) 10$$

$$\geq 338.06 \text{ mm}$$

$$l_{d \text{ pakai}} \geq 350 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tarik sepanjang 350 mm

- Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.9, panjang penyaluran tulangan ulir dalam kondisi Tarik tidak boleh kurang dari sebagai berikut:

$$l_{d1} \geq 200 \text{ mm}$$

$$l_{d2} \geq \left(\frac{0.24 f_y \psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$\geq \left(\frac{0.24 \times 420}{\sqrt{35}} \right) 10$$

$$\geq 170.38 \text{ mm}$$

$$l_{d3} \geq 0.043 f_y \psi_r d_b$$

$$\geq 0.043 (420) (10)$$

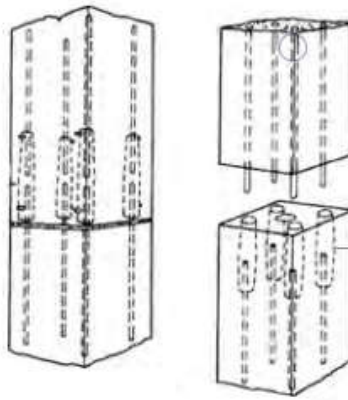
$$\geq 180.6 \text{ mm}$$

$$l_{d \text{ pakai}} \geq 200 \text{ mm}$$

∴ Maka digunakan panjang penyaluran pada daerah tekan sepanjang 200 mm

4.5.7 Perencanaan Sambungan Kolom – Kolom

Pada perencanaan gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya untuk tugas akhir ini, sambungan kolom – kolom menggunakan NMB Splice Sleeve. Dengan menggunakan NMB Splice Sleeve, tidak perlu dilakukan perhitungan panjang penyaluran untuk proses penyambungannya. Hal ini dikarenakan tulangan antar kolom yang dilakukan penyambungan dengan *coupler* sudah monolit dan menerus. Untuk ilustrasi mengenai sambungan antar tulangan kolom pracetak tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.37 Ilustrasi Sambungan Kolom – Kolom

- Mekanisme Penyambungan

Pada proses penyambungan antar kolom, dilakukan proses *grouting* pada pertemuan antar dua tulangan kolom. Mortar yang digunakan untuk penyambungan haruslah mortar tipe *non-shrinkage* untuk menghindari kegagalan dan susut beton.

- Pemilihan Tipe NMB Splice Sleeve

Diameter tulangan yang digunakan pada semua jenis kolom baik tipe 1 x 1 meter maupun 0.80 x 0.80 meter adalah 25 mm. Sesuai dengan brosur yang diberikan oleh NMB Splice Sleeve, *splice sleeve* yang digunakan adalah tipe 8U-X untuk tulangan berdiameter 25 mm dengan tegangan leleh sebesar 85,000 psi = 586 MPa. Berdasarkan ACI 318M-14, *mechanical splice* yang digunakan termasuk tipe 2. *Grouting* dilakukan dengan *non-shrinkage* SS Mortar Tipe 2 dengan kekuatan minimum 9500 psi = 65.5 MPa. Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.9.2.2, sambungan kolom – kolom juga harus memenuhi persamaan berikut:

$$\phi M_n \geq 0.4 M_{pr}$$

$$4121.27 \text{ kNm} \geq 0.4 (4858.12) = 1943.25 \text{ kNm (OK)}$$

4.6 Perencanaan Pondasi

4.6.1 Umum

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun pile produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada subbab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dan perencanaan poer (*pile cap*).

4.6.2 Beban Struktur

Beban struktur menentukan bagaimana perencanaan pondasi yang akan dilakukan. Beban struktur disalurkan melalui kolom kemudian ke tiang pancang. Beban yang bekerja pada pondasi dihitung berdasarkan SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin. Kombinasi beban-beban dibawah ini adalah kombinasi beban untuk menghitung tiang pancang dengan desain tegangan ijin.

- D
- D + L
- D + 0.75L
- D + 0.7E
- D + 0.75L + 0.75(0.7E)
- 0.6D + 0.7E

Dari kombinasi beban di atas dilakukan kontrol dari masing-masing kombinasi untuk menentukan perhitungan jumlah tiang pancang, defleksi, dan momen yang terjadi pada reaksi perletakan.

Output dari *joint reaction* pada program bantu ETABS ini kemudian dipilih sesuai kombinasi maksimum yang paling menentukan dalam perhitungan P_{ijin} 1 tiang. Berikut ini adalah *output* dari *joint reaction* pada pondasi.

Tabel 4.39 Beban pada Kolom

Kombinasi	Hx	Hy	P	Mx	My
	ton	ton	ton	ton m	ton m
D	8.70	5.61	656.45	6.51	8.25
D+L	10.47	8.67	783.33	9.31	9.91
D + 0.7 Eq x	17.60	11.08	664.28	37.79	49.15
D + 0.7 Eq y	12.77	12.88	662.91	38.70	26.56
D + 0.75 L	10.03	7.91	751.61	8.43	9.50
D + 0.75 L + 0.525 Eq x	16.70	12.01	757.48	31.72	37.73
D + 0.75 L + 0.525 Eq y	13.08	12.35	756.45	33.11	22.32
0.6 D + 0.7 Eq x	14.12	9.08	401.70	36.12	47.54
0.6 D + 0.7 Eq y	9.29	10.92	411.44	36.38	24.50

4.6.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis prestressed concrete spun piles Produk dari PT. WIKA Beton.

- Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat
- Mutu beton tiang pancang $f'_c = 52$ MPa (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm² at 28 days*).

Berikut ini merupakan spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan berdasarkan produk dari PT. WIKA Beton:

- Diameter tiang = 600 mm
- Tebal tiang = 100 mm
- Kelas tiang = C
- Penampang = 1570 cm²
- Berat = 393 kg/m
- Panjang = 6 – 20 m
- *Bending moment crack* = 29 t.m
- *Beding momen ultimate* = 58 t.m
- *Allowable axial load* = 229.5 ton

4.6.4 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya adalah data tanah hasil uji laboratorium mekanika tanah Departemen Teknik Sipil ITS Surabaya.

4.6.5 Daya Dukung Pondasi

4.6.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (Q_p) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (Q_s). Oleh karena itu, daya dukung total dari tanah ialah:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Selain peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu:

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari Terzaghi Bazaraa 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir lanau, dan pasir belempong, yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$.

- $N_1 = 15 + 0.5 (N-15)$

$$- N_1 = 0.6N$$

Pilih harga N_1 yang terkecil dari kedua rumus diatas

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga N_1 dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan dimana harga N tersebut didapatkan, dengan rumus sebagai berikut:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0.4P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$$

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3.25+0.1P_o} \rightarrow \text{untuk } P_o > 7.5 \text{ ton/m}^2$$

Harga N_2 yang telah dihitung harus lebih kecil dari $2N_1$, apabila $N_2 > 2N_1$, maka nilai N_2 dibuat menjadi $2N_1$

3. Menghitung daya dukung *ultimate* tiang

$$P_{ult} = C_n A_{ujung} + \sum C_{li} A_{si}$$

Dimana:

C_{li} = Hambatan geser selimut tiang pada segmen i

$$= \frac{N_i}{2} \text{ untuk tanah lempung / lanau}$$

$$= \frac{N_i}{5} \text{ untuk tanah pasir}$$

A_{si} = Luas selimut tiang pada segmen $i = O_i \times h_i$

O_i = Keliling tiang

$$C_n = 40 \bar{N}$$

\bar{N} = Harga rata-rata N_2 4D dibawah ujung hingga 8D diatas

Maka:

$$P_{ult} = 40 \bar{N} A_{ujung} + \sum \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} A_{si}$$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

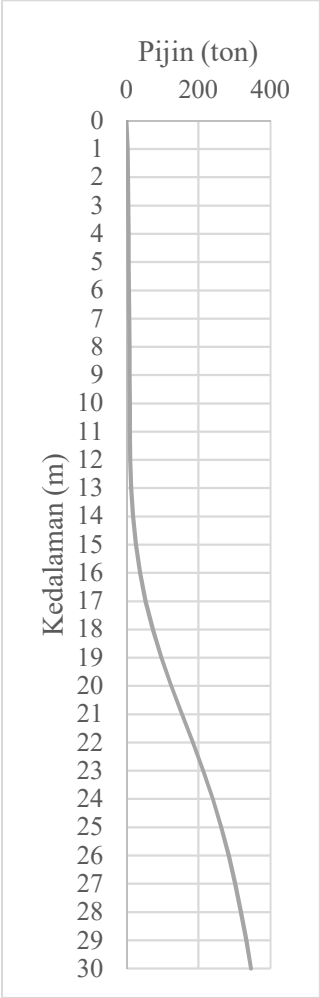
$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}$$

Pada tugas akhir ini, digunakan nilai angka keamanan sebesar 3 ($SF = 3$).

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah

Jenis	Depth	N SPT	N1	Ysat	Y'	Po'	N2 koreksi Po	2N1	N2 Pakai	N1 (Tengah Segment)	Nata2	40 Nata2 Aujung	Cli ton/m ²	Cli * Asi ton	Σ Cli * Asi ton	Pult ton	Pijin ton
Pasir	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P 1	-	-	1.641	0.641	0.6409	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.75	8.45	0.00	0.00	0.00	8.45	2.82
	L 2	-	-	1.641	0.641	1.2817	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.97	10.97	0.00	0.00	0.00	10.97	3.66
	L 3.00	1.00	1.00	1.641	0.641	1.9226	2.2611	2.00	2.00	1.00	1.09	12.28	0.50	0.94	0.94	13.22	4.41
	L 4.00	1.00	1.00	1.641	0.641	2.5634	1.9749	2.00	1.97	1.99	1.15	12.96	0.99	1.87	2.82	15.77	5.26
	L 5.00	1.00	1.00	1.641	0.641	3.2043	1.7531	2.00	1.75	1.86	1.17	13.28	0.93	1.76	4.57	17.85	5.95
	L 6.00	1.00	1.00	1.641	0.641	3.8451	1.5760	2.00	1.58	1.66	1.18	13.38	0.83	1.57	6.14	19.53	6.51
	L 7.00	1.00	1.00	1.641	0.641	4.4860	1.4314	2.00	1.43	1.50	1.31	14.85	0.75	1.42	7.56	22.41	7.47
	L 8.00	1.00	1.00	1.641	0.641	5.1269	1.3112	2.00	1.31	1.37	1.43	16.21	0.69	1.29	8.85	25.06	8.35
	L 9.00	1.00	1.00	1.641	0.641	5.7677	1.2095	2.00	1.21	1.26	1.44	16.24	0.63	1.19	10.04	26.28	8.76
	L 10.00	1.00	1.00	1.641	0.641	6.4086	1.1225	2.00	1.12	1.17	1.38	15.60	0.58	1.10	11.14	26.74	8.91
Lempung	L 11.00	1.00	1.00	1.641	0.641	7.0494	1.0472	2.00	1.05	1.08	1.44	16.31	0.54	1.02	12.16	28.47	9.49
	L 12.00	1.00	1.00	1.641	0.641	7.6903	0.9953	2.00	1.00	1.02	1.63	18.42	0.51	0.96	13.12	31.54	10.51
	L 13.00	2.00	2.00	1.634	0.634	8.3243	1.9596	4.00	1.96	1.48	2.19	24.78	0.74	1.39	14.52	39.30	13.10
	L 14.00	3.00	3.00	1.634	0.634	8.9583	2.8945	6.00	2.89	2.43	3.37	38.13	1.21	2.29	16.80	54.93	18.31
	L 15.00	4.00	4.00	1.634	0.634	9.5923	3.8012	8.00	3.80	3.35	5.14	58.17	1.67	3.16	19.96	78.12	26.04
	L 16.00	10.00	10.00	1.789	0.789	10.3816	9.3280	20.00	9.33	6.56	7.60	88.91	3.28	6.19	26.14	112.05	37.35
	L 17.00	16.00	16.00	1.789	0.789	11.1710	14.6551	32.00	14.66	11.99	10.82	122.33	6.00	11.30	37.45	159.78	53.26
	L 18.00	22.00	22.00	1.867	0.867	12.0380	19.7584	44.00	19.76	17.21	14.77	167.10	8.60	16.22	53.66	220.76	73.59
	L 19.00	30.33	30.33	1.867	0.867	12.9050	26.7225	60.67	26.72	23.24	19.20	217.12	11.62	21.90	75.57	292.69	97.56
	L 20.00	38.67	38.67	1.867	0.867	13.7720	33.4256	77.33	33.43	30.07	23.83	269.48	15.04	28.34	103.91	373.39	124.46
	L 21.00	47.00	47.00	1.899	0.899	14.6709	39.8551	94.00	39.86	36.64	28.66	324.08	18.32	34.53	138.44	462.53	154.18
	L 22.00	51.33	51.33	1.899	0.899	15.5698	42.7157	102.67	42.72	41.29	33.23	375.78	20.64	38.91	177.35	553.13	184.38
	L 23.00	55.67	55.67	1.899	0.899	16.4687	45.4712	111.33	45.47	44.09	37.10	419.60	22.05	41.56	218.91	638.51	212.84
	L 24.00	60.00	60.00	1.899	0.899	17.3676	48.1275	120.00	48.13	46.80	40.31	455.85	23.40	44.11	263.02	718.87	239.62
	L 25.00	60.00	60.00	1.899	0.899	18.2665	47.2753	120.00	47.28	47.70	42.75	483.54	23.85	44.96	307.98	791.52	263.84
	L 26.00	60.00	60.00	1.899	0.899	19.1654	46.4527	120.00	46.45	46.86	44.36	501.69	23.43	44.17	352.14	853.84	284.61
	L 27.00	60.00	60.00	1.899	0.899	20.0643	45.6584	120.00	45.66	46.05	45.15	510.68	23.03	43.41	395.55	906.23	302.08
	L 28.00	60.00	60.00	1.899	0.899	20.9632	44.8907	120.00	44.89	45.27	45.64	516.14	22.64	42.67	438.22	954.37	318.12
	L 29.00	60.00	60.00	1.899	0.899	21.8621	44.1484	120.00	44.15	44.52	45.86	518.64	22.26	41.96	480.18	998.82	332.94
	L 30.00	60.00	60.00	1.899	0.899	22.7610	43.4302	120.00	43.43	43.79	45.70	516.86	21.89	41.27	521.45	1038.31	346.10

Dari hasil perhitungan daya dukung tanah diatas, direncanakan tiang pancang pada kedalaman 20 meter dengan daya dukung tanah sebesar 124.46 ton. Maka panjang tiang pancang yang digunakan setelah dikurangi tinggi *basement* ialah 16.5 m.



Gambar 4.38 Grafik Daya Dukung Tanah

4.6.5.2 Jarak Antar Tiang Pancang

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jaraknya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang grup sebesar 1 meter.

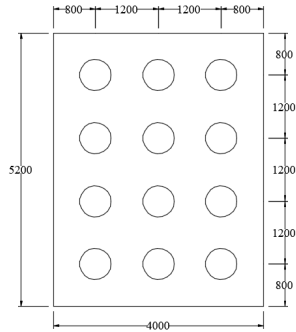
- Jarak antar tiang = $2D$
= 120 cm
- Jarak tepi tiang = 80 cm

4.6.5.3 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang dalam Grup

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang grup dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik diasumsikan lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} = \frac{P}{n} + \frac{M_y X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x Y_{\max}}{\sum Y^2} \leq P_{\text{ijin dalam grup}}$$

Kontrol ini dilakukan pada tiap jenis susunan tiang pancang. Sebelumnya terlebih dahulu ditentukan jumlah tiang pancang dalam group dengan cara coba-coba dan sesuai dengan besar pile cap. Untuk beberapa contoh perhitungan dilakukan perhitungan dengan menggunakan grup tiang pancang tipe 1 dengan kombinasi beban 1D + 1L.



Gambar 4.39 Tiang Pancang Grup 1

$$P = 783.33 \text{ ton}$$

$$n = 12 \text{ tiang}$$

$$\begin{aligned} M_x &= M_x + (H_y \times t_{\text{poer}}) \\ &= 9.31 + (8.67 \times 1) \\ &= 17.98 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= M_y + (H_x \times t_{\text{poer}}) \\ &= 9.91 + (10.47 \times 1) \\ &= 20.38 \text{ ton m} \end{aligned}$$

$$X_{\text{max}} = 1.2 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 1.8 \text{ m}$$

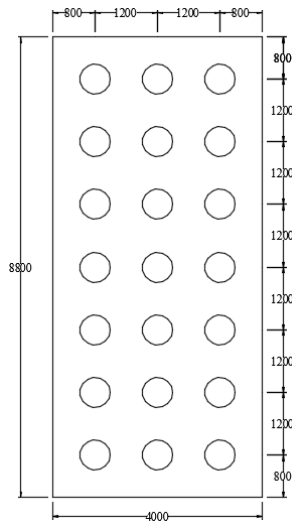
$$\begin{aligned} P_{\text{max}} &= \frac{783.33}{12} + \frac{20.38(1.2)}{11.52} + \frac{17.98(1.8)}{21.60} \\ &= 68.90 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e &= 1 - \frac{B}{L} \times \frac{1}{\pi \times m \times n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}] \\ &= 0.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin dalam grup}} &= C_e \times P_{\text{ijin 1 tiang}} \\ &= 0.58 \times 124.46 \\ &= 72.49 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 4.41 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 1

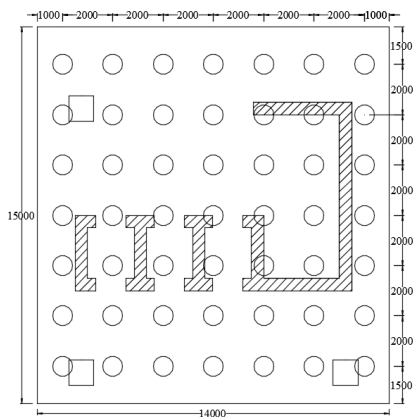
Beban	P (ton)	P/n TP (ton)	M _s (ton m)	M _s y / Σy^2 (ton)	M _y (ton m)	M _y x / Σx^2 (ton)	P _{max} (ton)	P _{jin} (ton)	Cek
D	656.45	54.70	12.12	1.01	16.95	1.77	57.48	72.49	OK
D+L	783.33	65.28	17.98	1.50	20.38	2.12	68.90	72.49	OK
D + 0.7 Eq x	664.28	55.36	48.87	4.07	66.75	6.95	66.38	72.49	OK
D + 0.7 Eq y	662.91	55.24	51.58	4.30	39.33	4.10	63.64	72.49	OK
D + 0.75 L	751.61	62.63	16.34	1.36	19.52	2.03	66.03	72.49	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq x	757.48	63.12	43.74	3.64	54.44	5.67	72.44	72.49	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq y	756.45	63.04	45.46	3.79	35.40	3.69	70.51	72.49	OK
0.6 D + 0.7 Eq x	401.70	33.48	45.20	3.77	61.66	6.42	43.66	72.49	OK
0.6 D + 0.7 Eq y	411.44	34.29	47.31	3.94	33.79	3.52	41.75	72.49	OK



Gambar 4.40 Tiang Pancang Grup 2

Tabel 4.42 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 2

Beban	P (ton)	P/n TP (ton)	M _s (ton m)	M _s y / Σy^2 (ton)	M _y (ton m)	M _y x / Σx^2 (ton)	P _{max} (ton)	P _{jin} (ton)	Cek
D	1312.89	62.52	24.23	0.72	33.91	2.02	65.26	92.82	OK
D+L	1566.65	74.60	35.97	1.07	40.76	2.43	78.10	92.82	OK
D + 0.7 Eq x	1328.55	63.26	97.74	2.91	133.50	7.95	74.12	92.82	OK
D + 0.7 Eq y	1325.81	63.13	103.17	3.07	78.67	4.68	70.89	92.82	OK
D + 0.75 L	1503.21	71.58	32.68	0.97	39.05	2.32	74.88	92.82	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq x	1514.96	72.14	87.47	2.60	108.87	6.48	81.22	92.82	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq y	1512.90	72.04	90.92	2.71	70.79	4.21	78.96	92.82	OK
0.6 D + 0.7 Eq x	803.40	38.26	90.40	2.69	123.32	7.34	48.29	92.82	OK
0.6 D + 0.7 Eq y	822.88	39.18	94.61	2.82	67.57	4.02	46.02	92.82	OK

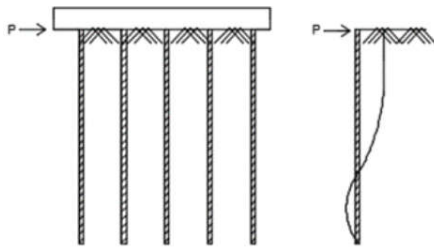


Gambar 4.41 Tiang Pancang Grup 3

Tabel 4.43 Kontrol Beban Maksimum Tiang Pancang Grup 3

Beban	P (ton)	P/n TP (ton)	M _x (ton m)	M _x y / Σy^2 (ton)	M _y (ton m)	M _y x / Σx^2 (ton)	P _{max} (ton)	P _{ijin} (ton)	Cek
D	3095.90	63.18	60.04	0.46	71.28	0.36	64.00	85.33	OK
D+L	3446.28	70.33	81.11	0.62	84.82	0.43	71.39	85.33	OK
D + 0.7 Eq x	1894.31	38.66	197.95	1.51	251.47	1.28	41.46	85.33	OK
D + 0.7 Eq y	1892.20	38.62	233.17	1.78	161.43	0.82	41.22	85.33	OK
D + 0.75 L	3358.69	68.54	75.31	0.58	81.44	0.42	69.54	85.33	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq x	3386.26	69.11	178.05	1.36	207.90	1.06	71.53	85.33	OK
D + 0.75 L + 0.525 Eq y	3384.68	69.08	203.35	1.56	145.74	0.74	71.37	85.33	OK
0.6 D + 0.7 Eq x	3132.67	63.93	177.67	1.36	231.07	1.18	66.47	85.33	OK
0.6 D + 0.7 Eq y	3130.56	63.89	211.07	1.62	138.09	0.70	66.21	85.33	OK

4.6.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang Terhadap Gaya Lateral



Gambar 4.42 Defleksi Akibat Gaya Lateral Tiang

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi yang terjadi pada tiang. Rumus yang digunakan untuk kontrol defleksi tiang yaitu:

$$\delta = F_{\delta} \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2.5 \text{ cm}$$

Dimana:

δ = Defleksi yang terjadi

F_{δ} = Koefisien defleksi

P = Gaya lateral 1 tiang

T = Faktor kekakuan relatif

Untuk kontrol kekuatan tiang terhadap gaya lateral akan dicontohkan perhitungan tiang pancang grup tipe 1 dengan kombinasi beban D+L.

n Tiang Pancang = 12 buah

H_{\max} = 10.47 ton

H_{\max} 1 tiang pancang = 0.87 ton

C_u = 0.75 kg/cm²

Q_u = $2C_u$
 $= 2 \frac{0.75}{0.977}$
 $= 1.54 \text{ t/ft}^3$

Dari grafik *immediate settlement of isolate footing* maka didapatkan nilai f.

$f = 11 \text{ t/ft}^3 = 0.352 \text{ kg/cm}^3$

$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$

$E = 4700 \sqrt{f'_c}$
 $= 338,921.82 \text{ kg/cm}^2$

$I = 510,508.81 \text{ cm}^4$

$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$
 $= \left(\frac{338,921.82 \times 510,508.81}{0.352} \right)^{\frac{1}{5}}$
 $= 217.93 \text{ cm}$

$L = 1650 \text{ cm}$ (kedalaman tiang pancang)

$$L/T = 7.57$$

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* maka didapatkan nilai F_{δ} .

$$F_{\delta} = 0.893$$

$$\begin{aligned}\delta &= F_{\delta} \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \\ &= 0.893 \left(\frac{0.87 \times 1000 \times 217.93^3}{338,921.82 \times 510,508.81} \right) \\ &= 0.047 \text{ cm} \leq 2.5 \text{ cm (OK)}\end{aligned}$$

Selanjutnya dilakukan juga kontrol momen sesuai dengan perhitungan berikut:

$$M_{\text{crack}} = 29 \text{ ton m}$$

$$L/T = 7.57$$

Dari grafik *influence value for laterally loaded pile* maka didapatkan nilai F_m .

$$F_m = 0.88$$

$$\begin{aligned}M &= F_m PT \leq M_{\text{bending crack}} \\ &= 0.88 (0.87) (217.93) \leq 29 \\ &= 1.67 \text{ ton m} \leq 29 \text{ ton m (OK)}\end{aligned}$$

Tabel 4.44 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 1 Terhadap Gaya Lateral

Jumlah Tiang	Kombinasi	H_{max} (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5 \text{ cm}$	M_{max} (ton m)	M_{crack} (ton m)	Cek
12.00	D	0.73	0.03875	OK	1.39	29.00	OK
12.00	D+L	0.87	0.04661	OK	1.67	29.00	OK
12.00	D + 0.7 Eq x	1.47	0.07836	OK	2.81	29.00	OK
12.00	D + 0.7 Eq y	1.07	0.05736	OK	2.06	29.00	OK
12.00	D + 0.75 L	0.84	0.04465	OK	1.60	29.00	OK
12.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq x	1.39	0.07436	OK	2.67	29.00	OK
12.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq y	1.09	0.05823	OK	2.09	29.00	OK
12.00	0.6 D + 0.7 Eq x	1.18	0.06286	OK	2.26	29.00	OK
12.00	0.6 D + 0.7 Eq y	0.91	0.04862	OK	1.75	29.00	OK

Tabel 4.45 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 2 Terhadap Gaya Lateral

Jumlah Tiang	Kombinasi	H_{\max} (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	M_{\max} (ton m)	M_{rack} (ton m)	Cek
21.00	D	0.83	0.04428	OK	1.59	29.00	OK
21.00	D+L	1.00	0.05327	OK	1.91	29.00	OK
21.00	D + 0.7 Eq x	1.68	0.08956	OK	3.22	29.00	OK
21.00	D + 0.7 Eq y	1.23	0.06555	OK	2.35	29.00	OK
21.00	D + 0.75 L	0.96	0.05103	OK	1.83	29.00	OK
21.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq x	1.59	0.08498	OK	3.05	29.00	OK
21.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq y	1.25	0.06655	OK	2.39	29.00	OK
21.00	0.6 D + 0.7 Eq x	1.34	0.07185	OK	2.58	29.00	OK
21.00	0.6 D + 0.7 Eq y	1.04	0.05557	OK	1.99	29.00	OK

Tabel 4.46 Kontrol Kekuatan Tiang Tipe 3 Terhadap Gaya Lateral

Jumlah Tiang	Kombinasi	H_{\max} (ton)	δ (cm)	$\delta < 2.5$ cm	M_{\max} (ton m)	M_{rack} (ton m)	Cek
49.00	D	0.90	0.03107	OK	2.15	65.00	OK
49.00	D+L	1.07	0.03681	OK	2.55	65.00	OK
49.00	D + 0.7 Eq x	1.94	0.06670	OK	4.62	65.00	OK
49.00	D + 0.7 Eq y	2.17	0.07462	OK	5.17	65.00	OK
49.00	D + 0.75 L	1.03	0.03537	OK	2.45	65.00	OK
49.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq x	1.78	0.06129	OK	4.25	65.00	OK
49.00	D + 0.75 L + 0.525 Eq y	1.92	0.06627	OK	4.59	65.00	OK
49.00	0.6 D + 0.7 Eq x	1.63	0.05623	OK	3.90	65.00	OK
49.00	0.6 D + 0.7 Eq y	1.89	0.06511	OK	4.51	65.00	OK

4.6.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur. Berikut data-data yang diperlukan untuk perancangan poer:

B Kolom = 1000 mm
 L Kolom = 1000 mm
 D TP = 600 mm
 P_u = 783.33 ton
 P_{\max} 1 tiang = 72.44 ton
 n TP = 12 buah
 B Poer = 4 m
 L Poer = 5.2 m
 T Poer = 1 m

f'_c	= 45 MPa
f_y	= 420 MPa
$D_{tulangan}$	= 29 mm
Cover	= 75 mm
λ	= 1 (beton normal)
α_s	= 20 (kolom sudut)
d	= $1000 - 75 - 0.5(29)$ = 910.5 mm

4.6.6.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut dilakukan berdasarkan ketentuan ACI 318M-14 pasal 22.6.5.2.

Untuk pondasi tapak nonprategang (V_c) ditentukan berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.6.5.2 dan diambil nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_{c2} = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_{c3} = 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

Dimana:

α_s = 20 untuk kolom sudut, 30 untuk kolom tepi, 40 untuk kolom interior

β = Rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek poer
= $5200 / 4000$
= 1.3

b_o = Keliling penampang kritis
= $2 (B_{kolom} + d) + 2 (L_{kolom} + d)$
= $2 (1000 + 910.5) + 2 (1000 + 910.5)$
= 7642 mm

$$\begin{aligned}
V_{c1} &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{1.3} \right) 1\sqrt{45} \times 7642 \times 910.5 \\
&= 20,142,471.11 \text{ N} \\
V_{c2} &= 0.083 \left(\frac{20(910.5)}{7642} + 2 \right) 1\sqrt{45} \times 7642 \times 910.5 \\
&= 16,979,750.93 \text{ N} \\
V_{c3} &= 0.33 1\sqrt{45} \times 7642 \times 910.5 \\
&= 15,543,094.01 \text{ N} \\
V_{c \text{ pakai}} &= 15,543,094.01 \text{ N} \\
&= 1,554.31 \text{ ton} \\
\phi &= 0.75 \\
\phi V_c &= 0.75 (1,554.31) \\
&= 1,165.73 \text{ ton} \\
P_u &= 783.33 \\
\phi V_c &\geq P_u \text{ (OK)}
\end{aligned}$$

∴ Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom

- Akibat Tiang Pancang

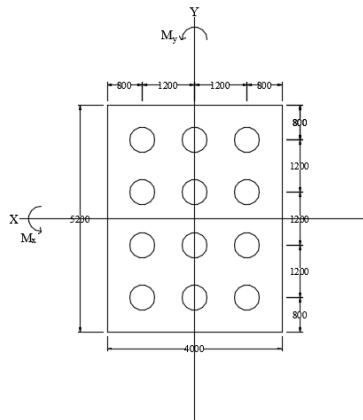
$$\begin{aligned}
\beta &= 1.3 \\
b_o &= 0.25\pi (600 + 910.5) \\
&= 1186.34 \text{ mm} \\
V_{c1} &= 0.17 \left(1 + \frac{2}{1.3} \right) 1\sqrt{45} \times 1186.34 \times 910.5 \\
&= 3,126,916.81 \text{ N} \\
V_{c2} &= 0.083 \left(\frac{20(910.5)}{1186.34} + 2 \right) 1\sqrt{45} \times 1186.34 \times 910.5 \\
&= 10,434,373.71 \text{ N} \\
V_{c3} &= 0.33 1\sqrt{45} \times 1186.34 \times 910.5 \\
&= 2,412,909.60 \text{ N} \\
V_{c \text{ pakai}} &= 2,412,909.60 \text{ N} \\
&= 241.29 \text{ ton} \\
\phi &= 0.75 \\
\phi V_c &= 0.75 (241.29) \\
&= 180.97 \text{ ton} \\
P_{\max} &= 72.44 \text{ ton}
\end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq P_{\max} \text{ (OK)}$$

4.6.6.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

- Penulangan Tarik Arah X



Gambar 4.43 Pembebanan Poer Tipe 1

$$\begin{aligned}
 P_{\max \text{ 1 tiang}} &= 72.44 \text{ ton} \\
 n \text{ TP} &= 3 \text{ buah} \\
 P_{\text{ 3 tiang}} &= 217.32 \text{ ton} \\
 q &= 4 (2.4) (1) \\
 &= 9.6 \text{ ton/m} \\
 q_u &= 1.4 (9.6) \\
 &= 13.44 \text{ ton/m} \\
 M_u &= P (a_1 + a_2) - 0.5 (q_u L^2) \\
 &= 217.32 (0.6 + 1.8) - 0.5 (13.44) (2.6^2) \\
 &= 476.13 \text{ ton m} \\
 &= 476.13 \times 10^7 \text{ N mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
d_x &= 1000 - 75 - 0.5(29) \\
&= 910.5 \text{ mm} \\
d_y &= 1000 - 75 - 29 - 0.5(29) \\
&= 881.5 \text{ mm} \\
\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
&= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\
&= 0.00399 \\
\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{420} \\
&= 0.00333 \\
m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
&= \frac{420}{0.85 (45)} \\
&= 10.98 \\
\phi &= 0.90 \\
R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
&= \frac{476.13 \times 10^7}{0.90 (5200) 910.5^2} \\
&= 1.23 \text{ MPa} \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 1.23}{420}} \right) \\
&= 0.00297 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.00399 > \rho_{\text{perlu}} \\
A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} b d_x \\
&= 0.00399 (1000) (910.50) \\
&= 3635.61 \text{ mm}^2 \\
s &= 1000 \frac{0.25 \pi (29^2)}{3635.61} \\
&= 181.68 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan lentur D29 – 150 mm

- Penulangan Tekan Arah X

$$A_{s \text{ perlu}} = 0.5 A_{s \text{ perlu tarik}}$$

$$= 0.5 (3635.61)$$

$$= 1817.80 \text{ mm}^2$$

$$D_{\text{tulangan}} = 22 \text{ mm}$$

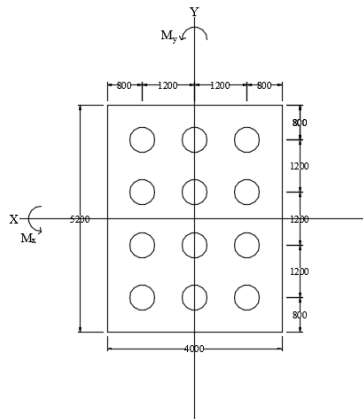
$$s = 1000 \frac{0.25\pi(22^2)}{1817.80}$$

$$= 209.12 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan lentur D22 – 200 mm

- Penulangan Tarik Arah Y



Gambar 4.44 Pembebanan Poer Tipe 1

$$P_{\text{max 1 tiang}} = 72.44 \text{ ton}$$

$$n \text{ TP} = 4 \text{ buah}$$

$$P_{4 \text{ tiang}} = 289.75 \text{ ton}$$

$$q = 5.2 (2.4) (1)$$

$$= 12.48 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 1.4 (12.48)$$

$$\begin{aligned}
M_u &= 17.47 \text{ ton/m} \\
&= P (a) - 0.5 (q_u L^2) \\
&= 289.75 (1.2) - 0.5 (17.47) (2^2) \\
&= 312.76 \text{ ton m} \\
&= 312.76 \times 10^7 \text{ N mm} \\
d_x &= 1000 - 75 - 0.5(29) \\
&= 910.5 \text{ mm} \\
d_y &= 1000 - 75 - 29 - 0.5(29) \\
&= 881.5 \text{ mm} \\
\rho_{\min 1} &= 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \\
&= 0.25 \frac{\sqrt{45}}{420} \\
&= 0.00399 \\
\rho_{\min 2} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{420} \\
&= 0.00333 \\
m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
&= \frac{420}{0.85 (45)} \\
&= 10.98 \\
\phi &= 0.90 \\
R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
&= \frac{312.76 \times 10^7}{0.90 (4000) 881.5^2} \\
&= 1.12 \text{ MPa} \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{10.98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.98 \times 1.12}{420}} \right) \\
&= 0.00270 \\
\rho_{\text{pakai}} &= 0.00399 > \rho_{\text{perlu}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} b d_x \\
 &= 0.00399 (1000) (881.50) \\
 &= 3519.81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 1000 \frac{0.25\pi(29^2)}{3519.81} \\
 &= 187.66 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan lentur D29 – 150 mm

- Penulangan Tekan Arah Y

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= 0.5 A_s \text{ perlu tarik} \\
 &= 0.5 (3519.81) \\
 &= 1759.91 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 1000 \frac{0.25\pi(22^2)}{1759.91} \\
 &= 216 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

∴ Digunakan tulangan lentur D22 – 200 mm

4.6.7 Perencanaan Sloof

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Berikut data-data perencanaan sloof:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$A_g = 120000 \text{ mm}^2$$

$$f'_c = 45 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{cover} = 40 \text{ mm}$$

$$D \text{ utama} = D19$$

$$D \text{ sengkang} = D10$$

$$d = 400 - (40 + 10 + \frac{1}{2} 19)$$

$$= 340.5 \text{ mm}$$

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diasumsikan seperti penulangan pada kolom. Adapun beban sloof sebagai berikut:

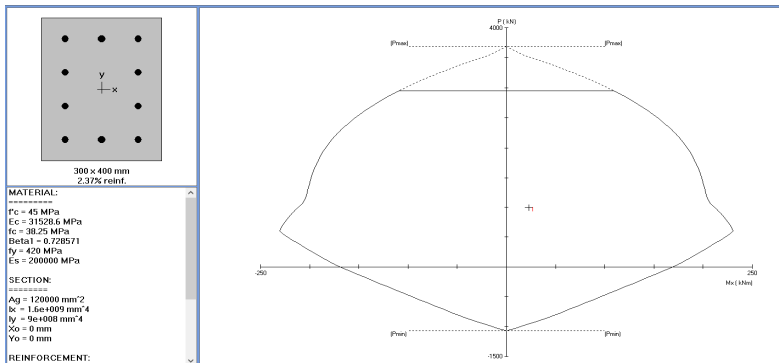
$$\begin{aligned} q_u &= 1.4 (0.3) (0.4) (2400) \\ &= 403.2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$L_{\text{sloof}} = 6.75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 \\ &= \frac{1}{8} 403.2 \cdot 6.75^2 \\ &= 2296.35 \text{ kgm} \\ &= 22.96 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_u = 9907.96 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P &= 10\% P_u \\ &= 990.80 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Diagram Interaksi P-M Sloof

- Penulangan Geser Sloof

$$\begin{aligned} V_u &= 0.5 q_u L \\ &= 0.5 (403.2) 6.75 \\ &= 1360.8 \text{ kg} \\ &= 13608 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{bd\sqrt{f'_c}}{6} \\
 &= \frac{300(340.5)\sqrt{45}}{6} \\
 &= 114,207.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 85655.38 \text{ N}$$

$$\phi V_c > V_u$$

∴ Tulangan geser tidak diperlukan, pakai tulangan geser minimum

$$\begin{aligned}
 s_{\max 1} &= d/2 \\
 &= 170.25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$s_{\max 2} = 300 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a_{v \min} &= \frac{bs}{3f_y} \\
 &= \frac{300(170.25)}{3(420)} \\
 &= 40.54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

∴ Digunakan sengkang 2 D10 – 150 mm

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini, maka disimpulkan beberapa data sebagai berikut:

1. Sesuai dengan perhitungan menggunakan peraturan ACI 318M-14, dimensi struktur sekunder dan struktur primer yang didapat sebagai berikut:

Tabel 5.1 Dimensi Struktur Sekunder

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Anak	BA1	Pracetak	40/41	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA2	Pracetak	40/41	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA3	Pracetak	40/41	cm
		Komposit	40/55	cm
	BA4	Pracetak	40/41	cm
		Komposit	40/55	cm
Pelat	Lantai	Pracetak	9	cm
		Komposit	14	cm
	Atap	Pracetak	9	cm
		Komposit	14	cm
Tangga	Pelat Bordes	Cast in situ	17	cm
	Pelat Tangga		17	cm

Tabel 5.2 Dimensi Struktur Primer dan Pondasi

Elemen	Tipe	Kondisi	Dimensi	Satuan
Balok Induk	BI1	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm

	BI2	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm
	BI3	Pracetak	50/61	cm
		Komposit	50/75	cm
	BI4	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm
	BI5	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm
	BI6	Pracetak	40/56	cm
		Komposit	40/70	cm
Kolom	K1	Pracetak	100×100	cm
	K2	Pracetak	80×80	cm
	K3	Pracetak	80×80	cm
Pile Cap	Tipe 1	Cast in situ	400×520	cm
	Tipe 2	Cast in situ	400×880	cm
	Tipe 3	Cast in situ	1400×1400	cm
Spun Pile	Tipe 1	Diameter	60	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 2	Diameter	60	cm
		Kedalaman	20	m
	Tipe 3	Diameter	80	cm
		Kedalaman	20	m

- Analisa struktur gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya menggunakan program bantu ETABS 2016. Data-data untuk perhitungan respon spektrum diambil dari puskim.pu.go.id untuk wilayah gempa Surabaya dan perhitungannya mengacu sesuai peraturan SNI 1726:2012.
- Perhitungan pembebanan struktur dilakukan berdasarkan peraturan ASCE/SEI 7-16 untuk beban

hidup dan PPIUG 1983 untuk beban mati. Gaya yang dimasukkan dalam permodelan adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

4. Sistem sambungan pada elemen kolom pracetak menggunakan produk sambungan *coupler sleeve* dari NMB Splice Sleeve yaitu dengan menggunakan konsep *sleeve* yang ditanam pada kolom lalu dilakukan *inject grouting* dengan produk dari SS Mortar.
5. Sistem sambungan pada elemen balok induk dengan kolom maupun balok induk dengan balok anak menggunakan produk dari Peikko Group, yaitu menggunakan Modix Rebar Coupler, setelah di sambungan maka akan di grouting dengan produk SS Mortar.
6. Semua elemen direncanakan pracetak kecuali tangga, dinding geser, balok yang diapit oleh dinding geser, pelat *basement*, dan pile cap untuk mempermudah pelaksanaan dilapangan.
7. Pondasi yang direncanakan sesuai dengan ketentuan perhitungan tiang pancang produk WIKA Beton dengan metode tegangan ijin dan pile cap berdasarkan metode tegangan desain.
8. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya akan dituangkan pada gambar teknik yang terdapat di lampiran.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa penulis saat proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat disampaikan penulis antara lain:

1. Perencanaan menggunakan metode beton pracetak untuk elemen kolom dan balok dengan menggunakan sambungan *coupler* dan *splice sleeve* dapat mempersingkat waktu pengerjaan, namun dalam

- penerapan di lapangan harus dipertimbangkan mengenai biaya.
2. Dalam perencanaan menggunakan metode beton pracetak, gambaran mengenai konsep desain sambungan yang akan diterapkan pada elemen pracetak sangatlah penting. Karena dengan adanya gambaran mengenai konsep desain sambungan ini, kita akan mengetahui apakah sambungan yang direncanakan dapat diterapkan atau tidak.
 3. Pada saat ereksi dan instalasi sambungan elemen pracetak, dibutuhkan pengawasan yang baik. Saat proses ereksi, ketinggian pada saat pengangkatan, maupun sudut angkat harus diperhatikan, jika tidak, dikhawatirkan akan terjadi kegagalan struktur akibat gaya tak terduga pada saat proses pengangkatan.
 4. Pada perencanaan bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. 2007. “Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia: Sebuah Analisa Rantai Nilai”. Seminar dari Pameran HAKI 2007.
- ACI. 2015. “ACI 318M-14 Building Code Requirements for Structural Concrete”. Michigan: American Concrete Institute.
- Adiasa, A.M. 2015. “Evaluasi Penggunaan Beton Precast di Proyek Konstruksi”. **Jurnal Karya Teknik Sipil** 4, 1:126-134.
- ASCE. 2017. “ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures”. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chandurkar, P.P. dan Pajgade, P.S. 2013. “Seismic Analysis of RCC Building with and without Shear Wall”. **International Journal of Modern Engineering Research** 3, 3:1805-1810.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung 1983. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

- Elliott, K.S. 2002. "Precast Concrete Structures". Great Britain: Butterworth-Heinemann.
- Ervianto, W.I. (2006). "Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting". Yogyakarta: Andi.
- Gue, S.S. dan Tan, Y.C. 1998. "Design and Construction Considerations for Deep Excavation". Malaysia: SSP Geotechnics Sdn Bhd.
- Gunawan, R. 1991. "Pengantar Teknik Fondasi". Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H.C. 1996. "Teknik Fondasi 1". Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hogan, L.D. 2013. "Roof Decks A to Z, Part V: Precast, Prestressed Concrete Tees". RCI Interface, Oktober.
- Imran, I. dan Hendrik, F. 2014. "Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang". Bandung: ITB.
- Indrayana, A.B. 2013. "Analisis Desain Sambungan Balok-Kolom Sistem Pracetak untuk Ruko Tiga Lantai". Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Jose, V. dan Kumar, P.R. 2014. "Hollow Core Slabs in Construction Industry". **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology** 3, 5:414-420.
- Juwana, J.S. 2005. "Panduan Sistem Bangunan Tinggi untuk Arsitek dan Praktisi Bangunan". Jakarta: Erlangga.

- Modix Rebar Couplers. 2016. **Brosur Peikko Group Corporation**. Finlandia.
- Nimse, R.B., Joshi, D.D., dan Patel, P.V. 2014. "Behavior of Wet Precast Beam Column Connections under Progressive Collapse Scenario: an Experimental Study". **International Journal of Advanced Structural Engineering** 6, 4:149-159.
- NMB Splice-Sleeve Systems. 2017. **Brosur Splice Sleeve North America, Inc**. Livonia, Michigan, USA.
- Pamungkas, A. dan Harianti, E. 2013. "Desain Pondasi Tahan Gempa". Yogyakarta: Andi.
- Paulay, T. dan Priestley, M.J.N. 1992. "Seismic Design of Reinforced Concrete and Mansory Buildings". USA: John Wiley & Sons, Inc.
- PCI. 2004. "PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 6th Edition". Chicago: PCI Industry Handbook Committee.
- Prasetya, A.D. 2018. "Desain Modifikasi Struktur Gedung Perkantoran One Galaxy dengan Dual System Menggunakan Elemen Pracetak dan Hollow Core Slab". Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Schueller, W. 1989. "Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi". Bandung: Eresco.

- Setiamanah, D.T. 2016. “Perencanaan Gedung Apartemen Bale Hinggil dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Sianturi, N.M. 2012. “Tinjauan Penggunaan Balok Pracetak pada Pembangunan Gedung”. **Jurnal Rancang Sipil** 1, 1:10-20.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa K. 2000. “Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi”. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Spreading Beams TZV. 2018. **Brosur Beta Concrete Plant & Lifting Equipment**. Prancis.
- Teruna, D.R. 2007. “Perencanaan Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan Base Isolator (LRB): Contoh Kasus Gedung Auditorium Universitas Cendrawasih, Papua”. Seminar dari Pameran HAKI 2007.
- Tjahjono, E. dan Purnomo, H. 2004. “Pengaruh Penempatan Penyambungan pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar”. **Makara Teknologi** 8, 13:90-97.
- Wahyudi, H. dan Hanggoro, H.D. 2010. “Perencanaan Struktur Gedung BPS Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Beton Pracetak”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Wibowo, F.X.N. 2006. “Sambungan pada Rangka Batang Beton Pracetak”. **Jurnal Teknik Sipil** 7, 1:80-96.

Wulandari, C.M.F. 2006. “Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Hotel Nawasaka Surabaya dengan Sistem Ganda”. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan...”

LAMPIRAN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

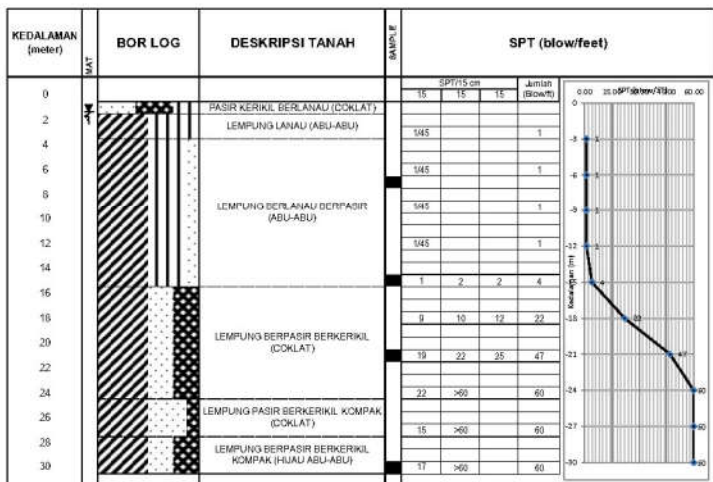
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 0601, e-mail : tanah_its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN	: PT. KOPEL LAHAN ANDALAN	TANGGAL	: 19 - 20 Agustus 2016
PROYEK	: PEMBANGUNAN APARTEMEN	MASTER BOR	: Ropi Cs
LOKASI	: JL. KENJERAN 504 SURABAYA	ELEVASI	: ±0.00 m - MT
TITIK BOR No.	: BH - 2	MAT	: - 1,15 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS
Kampus ITS, Gedung Sate II, Surabaya
Jl. Sukabungsur, Surabaya 60132
Telp/Fac: 031 5928661, e-mail: tanah.las@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : J.L. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 2
MASTER BOR : Rapi Cs

DEPTH (Meter)	VOLUME TEST - GRAVIMETRIC										CONSOLIDATION			
	Lo	S	Sr	WC	n	n'	vd	vsat	Po	Cc	Cy			
-7.00	2.893	1.403	103.00	54.35	58.23	1.643	0.603	1.643	1.133	0.031	4.035-03			
-15.00	2.514	3.97	103.00	55.46	58.23	1.634	1.031	1.634						
-23.50	2.642	0.394	103.00	33.84	47.26	1.867	3.385	1.867						
-31.00	2.398	0.721	103.00	29.04	42.83	1.928	1.477	1.928						

DEPTH (Meter)	MOISTURE ANALYSIS				ENTERGENTHERMS				THERM TEST				UNSATURATED				THERM CD				THERM TEST				K (cm/sec)			
	G	S	S-G		LL	PL	IP		e	C			e	Cy			e	Cy			e	Cy			e	Cy		
-7.00	0.03	18.45	81.55	65.38	75.46	36.52																						
-15.00	0.03	18.45	81.55	65.38	75.46	36.52																						
-23.50	12.12	13.77	74.11	54.13	26.54	27.53																						
-31.00	15.64	15.42	68.35	52.45	30.86	21.59																						

REMARK

- G = Gravel (%)
S = Sand (%)
S + G = Silt + Clay (%)
e = Void ratio
Gs = Specific Gravity
n = Porosity (%)
w = Water content (%)
Wp = Liquid Limit (%)
Yp = Plastic Limit (%)
Yp - Yl = Plastic Index (%)
Yl = Liquid Limit (%)
Yp = Plastic Limit (%)
IP = Plastic Index (%)
Dc = Compression Index
Cv = Coefficient of Consolidation (cm²/det)
Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
q = Not test
k = Coefficient of permeability (cm/sec)
LL = Liquid Limit (%)
PL = Plastic Limit (%)
IP = Plastic Index (%)
C = Coefficient of direct shear (kg/cm²)
Cq = Drained cohesion (kg/cm²)
Su = Undrained cohesion (kg/cm²)
u = Angle of internal friction drained shear test (degree)
φd = Angle of internal friction drained lateral test (degree)
φu = Angle of internal friction undrained lateral test (degree)



JENKA Lifting System

For safe and efficient lifting of precast concrete elements

Version: Peikko Group 04/2016



Technical Manual

1.2 JENKA short inserts

The JENKA Short Inserts, WAS, BSA and PSA, are used in applications where only limited anchoring depth is present, such as slabs. They are not intended for tilting up processes and the load angle is limited to 45°. This section describes the product properties of JENKA Short Inserts. Peikko's standard products are always delivered galvanized with Peikko Rd thread, which enables full compatibility with M thread. All dimensions given in this section are valid for all finishes and both Rd and M threaded items equally.

JRd30: JENKA Lifting Insert specialized Rd30 thread (standard item)

JM30: JENKA Lifting Insert metric M30 thread (available upon request)

1.2.1 Dimensions

JENKA Short Inserts are available in the standard lengths shown in Figure 20 and Table 15. Inserts with customized lengths for special purposes are available upon request.

Figure 20. WAS, BSA and PSA insert types.

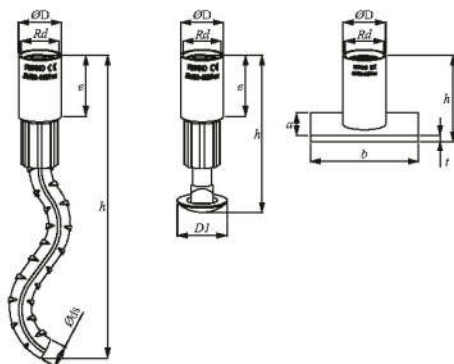


Table 15. Dimensions of WAS/BSA/PSA inserts.

Item No. Jrd/JM	Dimensions							WAS h [mm]	BSA h [mm]	PSA h [mm]
	Rd/M [mm]	OD [mm]	e [mm]	ODs [mm]	ODI [mm]	a x b [mm]	f [mm]			
12	12	15.0	22	8	20	25x35	4	150	60	30
14	14	18.0	25	10	24	35x35	4	155	70	33
16	16	21.0	27	12	30	35x50	4	175	80	35
18	18	24.0	34	14	38	45x60	5	225	90	44
20	20	27.0	35	14	38	60x60	5	250	100	47
24	24	31.0	43	16	46	60x80	5	275	115	54
30	30	40.0	56	20	46	80x100	6	350	150	72
36	36	47.0	68	25		100x130	6	450		84
42	42	54.0	80	28		130x130	8	500		98
52	52	67.0	100			130x150	10			117

Ordering example for Pelikko JENKA WAS Inserts.

Item type with Rd thread with standard length.

**PLEASE NOTE:**

Selecting items such as WAS30 or WAS30x350 defines same product because standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use the following code: WAS30xL (L in mm). The method can also be applied to BSA or PSA inserts.

1.2.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 16. This information is valid for Rd and M threaded products and for electro galvanized, black, or stainless steel finishes. These Tables only take into account standard product dimensions.

Table 16. Weight of JENKA Short Inserts.

Item No. Jrd/JM	WAS	BSA [kg/pcs]	PSA
12	0.1	0.1	0.1
14	0.1	0.1	0.1
16	0.2	0.1	0.1
18	0.3	0.2	0.2
20	0.4	0.3	0.3

Item No. Jrd/JM	WAS	BSA [kg/pcs]	PSA
24	0.6	0.4	0.4
30	1.2	0.7	0.7
36	2.0		1.2
42	3.1		1.8
52			2.9

1.2.3 Safe working loads for JENKA Short Inserts

The resistance of the JENKA Lifting System is determined by a design concept that makes reference to the following standards and regulations:

EN1992-1-1:2011
Machinery directive 2006/42/EC
VDI/BV-BS6205:2012

The load capacities depend very much on how and in which combination the items will be used. For short JENKA Lifting Inserts, all JENKA Lifting Keys (TL, JL, JLW) can be used at an angle β of 0-45°.

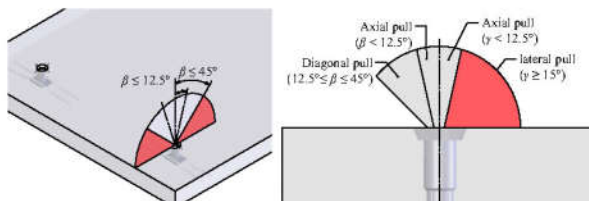
The safe working load capacities (SWL) are based upon specific dimensions and edge distances as given in the following sections. Before selecting an insert, take note of the design assumptions in this manual. The minimum compressive strength of the concrete at the moment of load application is 15 MPa. $\sigma_{\text{min}} \geq 15 \text{ MPa}$

Table 17 shows the safe working load levels of JENKA Short Inserts. Select inserts that are suitable for the planned load directions. Figure 21 illustrates the load directions related to this table.

Table 17. Safe working load (SWL) for JENKA Short Inserts.

Item No. JRa/JM	Load Class	WAS SWL for β 0-45° [kN]	BSA SWL for β 0-45° [kN]	PSA SWL for β 0-45°		
				at 15 MPa [kN]	at 20 MPa [kN]	at 25 MPa [kN]
12	500	5	5	5	5	5
14	800	8	8	8	8	8
16	1200	12	12	10	12	12
18	1600	16	16	14.2	16	16
20	2000	20	20	18.3	20	20
24	2500	25	25	25	25	25
30	4000	40	40	40	40	40
36	6300	63		63	63	63
42	8000	80		80	78	80
52	12500			95	110	125

Figure 21. Load directions for JENKA Short Inserts.



**PLEASE NOTE:**

Diagonal pull between 12.5° and 45° is only permitted with additional reinforcement in accordance with the following section.

1.2.4 Unit geometry and spacing

The use of Pelikko Lifting systems requires a specific element geometry. The load capacities given in this section of the manual are based on specific dimensions and edge and axial distances. The safety factors can only be ensured as described if the geometric specifications are complied with. Pelikko's engineering service offers customized solutions to make special applications possible.

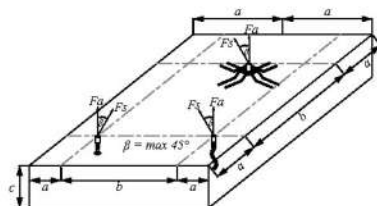
Before selecting and installing an insert, consider the general information in the previous sections of this manual. The required part geometry specification for JENKA Long Inserts differs from that for short inserts. The two types cannot replace each other or be applied in the same way unless the geometric requirements are complied with.

JENKA Short Inserts are commonly used in thin, flat elements with limited anchorage depth. With this insert type, most of the anchor loads are transferred over the width of the element. In many cases, capacities are limited by the element thickness c due to slab bending during lifting. The minimum element thickness and minimum edge and axial distances for respective insert types are shown in Table 18. Figure 22 visualizes the requirements.

Table 18. Minimum unit geometry for JENKA Short Inserts.

Item No. JRI/3M	WAS			BSA			PSA		
	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]	b [mm]	a [mm]	c [mm]
12	200	95	140	360	180	80	350	180	70
14	200	115	160	420	210	90	350	180	80
16	260	135	190	180	240	100	500	250	85
18	300	155	210	540	270	110	600	300	95
20	350	170	215	600	300	120	600	300	100
24	440	220	270	690	345	135	800	400	115
30	550	275	335	900	450	170	1000	500	140
36	600	300	420				1300	650	160
42	800	400	480				1300	650	175
52							1500	750	215

Figure 22. JENKA Short Inserts geometry requirements.



PLEASE NOTE:

The geometry specification requires that installation is within the tolerances defined in section 2.

1.2.5 Reinforcement for JENKA Short Inserts

The use of lifting systems requires a minimum level of reinforcement in the concrete elements. The reinforcement that is defined by structural design can be considered by taking into account the existing cross section. The required reinforcement level can be attained using single reinforcing bars or wire mesh with an equivalent or greater cross section (mm^2/m or cm^2/m). If the designed reinforcement must be removed or cut to install the JENKA Lifting Insert, this area must be repaired by adding a similar cross section of reinforcement (single bars or wire mesh) with sufficient overlapping length.



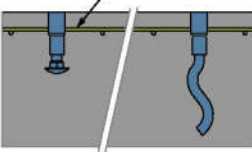
WARNING:

Always check that sufficient reinforcement is designed and installed. Too little reinforcement can result in severe accidents and collapsing elements.

The reinforcement described in this section supports only the load impact of the lifting system on the concrete element. The structural designer must bear in mind that the element may bend as a result of the transportation process. Additional reinforcement may be needed to prevent the element from cracking. This must be defined separately. Surface reinforcement (mm^2/m) must be considered and installed cross-wise for each element direction.

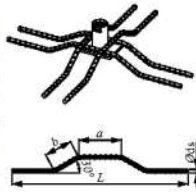
JENKA Short Inserts require only a top surface that must have a reinforcement layer. Table 19 and Table 20 show the required reinforcement level.

Table 19. Reinforcement for JENKA BSA and WAS Short Inserts.

Item No. JRD/JM	BSA	WAS	
	Surface reinforcement [mm^2/m]	Surface reinforcement [mm^2/m]	
12	131	131	
14	131	131	
16	131	131	
18	188	188	
20	188	188	
24	188	188	
30	188	188	
36		188	
42		188	

The PSA insert type is designed to fit into very flat and slim elements. For this reason, the insert requires anchoring bars in addition to surface reinforcement. The anchoring bars must run in pressure contact with the base steel plate. Table 20 illustrates the installation and detailed dimensions of anchoring bars.

Table 20. Reinforcement for JENKA PSA Short Inserts.

Item No. JRD/JM	PSA surface Reinforcement [mm^2/m]	Amount [pcs.]	Anchoring bars for PSA				
			$\varnothing d_s$ [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]	
12	131	2	6	250	60	60	
14	131	2	6	360	60	70	
16	131	2	8	420	90	70	
18	188	2	8	530	90	80	
20	188	2	8	640	90	80	
24	188	4	10	640	90	100	
30	221	4	12	830	90	110	
36	221	4	14	1140	140	120	
42	513	4	16	1250	140	120	
52	513	4	20	1530	140	150	

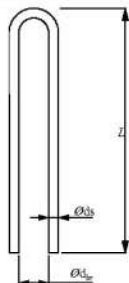
1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in Table 21.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRD/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Ød _s [mm]	L [mm]	Ød _s [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



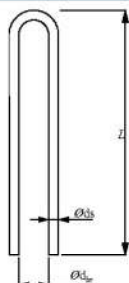
1.2.6 Types and geometry of additional reinforcement

Reinforcement for diagonal pull (from 12.5° to 45°)

Diagonal pull on the inserts requires special reinforcement around the socket to support the insert. This reinforcement must always have direct pressure contact with the socket. This can either be achieved by wire fixing or by using Peikko DSH item which enables double sided curved fixing for the additional rebar. A smaller diameter for the rebar can be used for limitations up to a maximum of 30°. Depending on the angle that must remain within 45°, the reinforcement is shown in Table 21.

Table 21. Diagonal rebar for all insert types.

Item No. JRD/JM	For all insert types			
	12.5° ≤ β ≤ 45°		12.5° ≤ β ≤ 30°	
	Ød _s [mm]	L [mm]	Ød _s [mm]	L [mm]
12	6	150	6	150
14	6	200	6	200
16	8	200	6	250
18	8	250	8	200
20	8	300	8	250
24	10	300	8	300
30	12	400	10	350
36	14	550	12	450
42	16	600	14	600
52	20	750	16	700



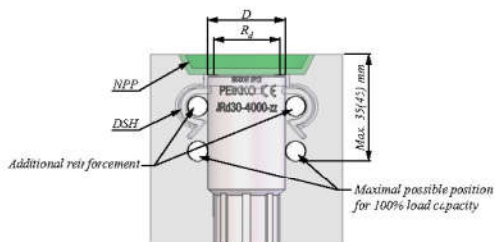
The recommendation for the bending diameter of the diagonal rebar " d_{b1} " is the outer diameter of the insert socket. This ensures a precise finish and limits the possibility of installation errors. As an alternative, a sufficiently large bending diameter according to EN1992-1-1:2011 can be implemented so that the rebar encloses the socket.

The diagonal pull rebar must be installed at an angle of approximately 20° as demonstrated in Figure 23 and Figure 24.

Figure 23. Installation for JENKA Short Inserts.



Figure 24. Installation tolerances.



1.3 JENKA Lifting keys

1.3.1 Dimensions

JENKA Lifting Keys are used to attach the crane hook, lifting slings, or chains to the JENKA Lifting Insert, which is cast into the concrete element. Different JENKA Lifting Keys are designed for different load directions. JENKA Lifting Keys can be used with all of the JENKA Lifting System's insert types. Information on the dimensions of standard items is shown in Figure 25 and Table 22. Peikko's standard products are always delivered with Peikko Rd thread. Lifters with Rd thread do not fit into Inserts with M thread. The length of TLL and JLW can be customized with wire length h upon request. All threaded JENKA Lifting Keys must be screwed into the insert with full length of the thread.

Figure 25. TLL, JL and JLW JENKA Lifting Keys.

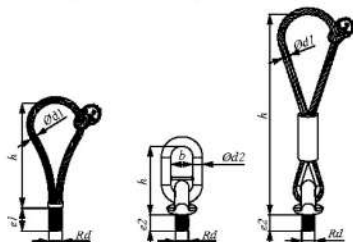


Table 22. Dimensions of JENKA lifting keys.

Item No. JRd/JM	Dimensions						TLL	JL	JLW	TLL, JL, JLW SWL for β 0-45°	JL, JLW SWL for γ of 90°
	Rd-M [mm]	Ød1 [mm]	Ød2 [mm]	e1 [mm]	e2 [mm]	B [mm]	h [mm]	h [mm]	h [mm]	[kN]	[kN]
12	12	6	13	22	19	50	133	137	205	5	2.5
14	14	7	13	25	21	50	130	137	320	8	4.0
16	16	8	13	27	24	50	138	137	335	12	6.0
18	18	9	16	34	27	50	156	146	370	16	8.0
20	20	10	16	35	29	50	180	146	385	20	10.0
24	24	12	16	43	35	50	212	146	410	25	12.5
30	30	16	22	55	43	50	245	155	475	40	20.0
36	36	18	22	67	52	50	293	155	525	63	31.5
42	42	20	26	75	60	65	350	192	615	80	40.0
52	52	26	26	95	73	65	435	192	710	125	62.5

Order example for Pelikko JENKA JLW lifting key.

Item type with Rd thread with standard length.



PLEASE NOTE:

Selecting items such as JLW30 or JLW30x75 defines same product because a standard length will be selected when no other information is added. For customized lengths please use following code: JLW30xh (h in mm). This also applies to TLL loops.

1.3.2 Weights of system components

Component weights are given in Table 23. This information is valid for both Rd and M threaded products with electro galvanized or black finishes. This table considers only the standard product dimensions.

Table 23. Weight of JENKA Lifting Keys.

Item No. JRd/JM	TLL	JL [kg/pcs]	JLW
12	0.1	0.5	0.3
14	0.1	0.5	0.5
16	0.2	0.5	0.5
18	0.2	1.0	0.9
20	0.3	1.0	1.1
24	0.5	1.0	1.4
30	0.9	2.4	3.0
36	1.5	2.5	3.8
42	2.1	4.8	6.3
52	4.6	5.2	10.2

PC PILES



DESCRIPTION

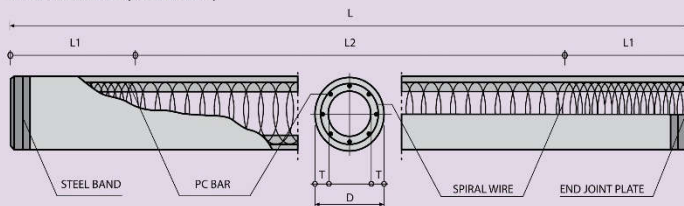
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 - 2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKA CLT STANDARD

UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)



Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)

PRE-TENSIONED SPUN CONCRETE PILES SPECIFICATION

Structural Properties

Outer Diameter (mm)	Concrete/Wall Thickness (mm)	Class	PC Bar			Concrete Sectional Area (cm ²)	Concrete Moment Inertia (cm ⁴)	Effective Prestress (kg/cm ²)	Allowable Axial Load (ton)		Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number	Sectional Area (cm ²)				BS.8004-1986 / ACI 543-1979		Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)	
300	60	A	7.4	6	2.40	452	35472	47.03	64	73	2.7	3.5	118
350	70	A	7.4	8	3.20	616	65683	46.15	87	99	4.3	5.5	161
400	75	A	7.4	10	4.00	766	109130	46.37	108	123	6.2	7.9	200
		B	9.2	12	7.68	766	111559	82.55	101	118	8.4	15.1	200
450	80	A	9.2	8	5.12	930	170951	48.65	131	149	8.8	11.4	242
		B	9.2	16	10.24	930	175332	89.27	121	141	12.2	22.7	242
500	90	A	9.2	10	6.40	1159	262048	48.77	163	186	12.2	15.8	302
		B	9.2	18	11.52	1159	267428	81.91	154	178	16.0	28.4	302
600	100	A	9.2	12	7.68	1571	522509	43.63	223	253	19.3	22.7	409
		B	9.2	24	15.36	1571	534509	80.79	209	242	26.4	45.4	409

- Note: 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979 & BS.8004-1986 / BS.8110-1985) (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137-1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on BS.8004-1986 Foundation & ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 60 N/mm²
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice

PRE-TENSIONED SPUN HIGH STRENGTH CONCRETE PILES SPECIFICATION

Grade 80 Piles

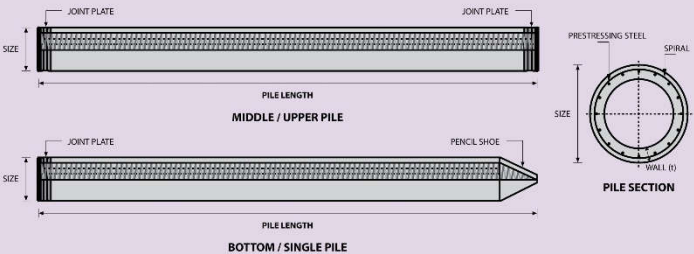
Outer Diameter (mm)	Concrete/Wall Thickness (mm)	Class	PC Bar			Concrete Sectional Area (cm²)	Concrete Moment Inertia (cm⁴)	Effective Prestress (kg/cm²)	Allowable Axial Load (ton)	Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number	Sectional Area (cm²)					Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)	
									ACI 543-1979			
300	60	A	7.1	6	2.37	452	35416	49.59	102	2.88	3.16	118
350	70	A	7.1	8	3.17	616	65533	48.71	139	4.54	6.75	161
400	75	A	7.1	10	3.96	766	108803	48.97	173	6.61	9.73	200
		B	9	12	7.63	766	111001	87.45	165	8.88	13.51	200
450	80	A	9	8	5.09	930	170556	51.59	209	9.41	10.13	242
		B	9	16	10.17	930	174626	94.54	198	12.97	20.27	242
		C	9	20	12.72	930	176660	112.77	194	14.55	25.34	242
500	90	A	9	10	6.36	1159	261750	51.78	261	13.02	14.08	302
		B	9	18	11.45	1159	266994	86.95	250	17.04	25.34	302
		C	9	24	15.26	1159	270927	109.67	243	19.75	33.78	302
600	100	A	9	12	7.63	1571	522308	44.38	356	20.36	29.87	409
		B	9	24	15.26	1571	534365	82.21	340	27.57	48.61	409
		C	9	32	20.35	1571	542404	103.80	331	31.89	55.53	409

- Note: 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137-1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 80 N/mm²
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : BJTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	S5400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f'_c = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6-24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

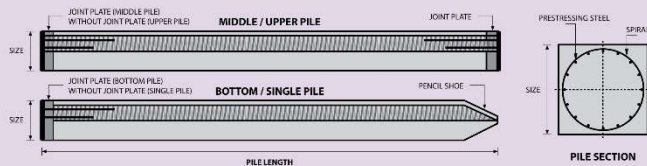
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

**) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm²)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile* (m)	Splice Class	
					Crack Ultimate (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body Max	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6-9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6-10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6-11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6-11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6-11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6-11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6-12	II	-
350 x 350	1,225	125,052	306	A	4.92	9.34	111.60	61.90	6-12	I	III/IV/V
				B	5.33	6.57	163.98	38.60	6-11	III	IV
				C	6.07	8.72	160.68	50.90	6-12	II	-
400 x 400	1,600	213,333	400	A	6.63	10.90	157.45	63.10	6-12	I	IV
				B	7.30	13.08	154.32	75.00	6-13	I	III/IV
				C	7.89	9.96	213.96	51.40	6-12	IV	V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	8.71	12.45	210.60	63.80	6-12	III	V/V
				B	9.51	14.95	207.32	76.00	6-13	II	III/IV/V
				C	11.82	22.42	198.01	111.60	6-14	I	II/III/IV/V
500 x 500	2,500	520,833	625	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6-12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6-13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6-13	II	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	14.78	25.22	257.88	113.30	6-14	I	II/III/IV
				B	15.16	18.68	335.12	77.30	6-13	III	IV
				C	16.19	21.79	331.72	89.90	6-13	II	III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	17.21	24.91	328.38	102.20	6-14	I	II/III/IV
				B	18.22	28.02	325.09	114.50	6-14	I	II/III/IV
				C							

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

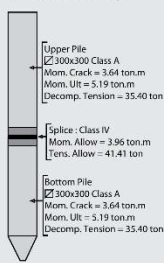
TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
250 x 250	II	0.76	1.02	16.34	18.38
	III	3.17	4.28	55.22	62.12
	IV	2.99	4.03	41.41	46.59
300 x 300	I	2.34	3.17	41.41	46.59
	II	1.29	1.74	24.50	27.57
	III	5.96	8.05	83.64	94.10
350 x 350	I	4.53	6.12	62.73	70.57
	II	4.28	5.78	55.22	62.12
	III	3.96	5.35	41.41	46.59
400 x 400	I	2.34	3.16	24.50	27.57
	II	7.67	10.35	83.64	94.10
	III	5.71	7.71	55.22	62.12
450 x 450	I	3.30	4.45	27.61	31.06
	II	12.20	16.47	117.95	132.69
	III	11.28	15.23	88.46	99.52
500 x 500	I	9.41	12.71	83.64	94.10
	II	8.58	11.58	62.73	70.57
	III	3.97	5.36	27.61	31.06
500 x 500	I	15.80	21.33	147.43	165.86
	II	14.07	19.00	117.95	132.69
	III	13.02	17.57	88.46	99.52
500 x 500	I	6.55	8.84	41.82	47.05
	II	19.72	26.63	118.60	133.43
	III	16.51	22.29	117.95	132.69
500 x 500	I	15.14	20.43	88.46	99.52
	II	7.56	10.21	41.82	47.05
	III				

EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

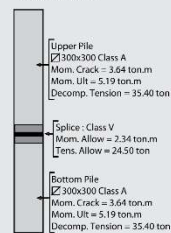
Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.

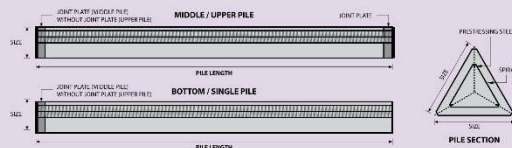


Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



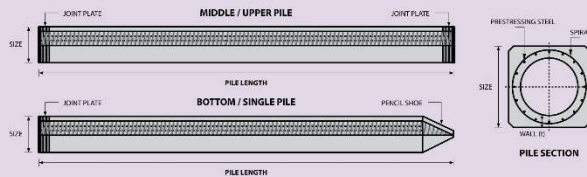
PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Size (mm)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structure



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

PT CITRA LAUTAN TEDUH

Head Office & Factory

Jl. Hanyu Jalan Km. 01 Batu Besar, Batam - Indonesia | Ph. (062) 778 761185, 761186 | Fax. (062) 778 761184 | Visit us: <http://www.wikuct.co.id>

Factory Support

Binjai (North Sumatera), Tegeneneng (Lampung South Sumatera), Kallanda (Lampung, South Sumatera), Bogor, Karawang, Majalengka (West Java), Bojalsali (Central Java), Paramuan (East Java), Balikpapan (East Borneo in Progress), Makassar (South Celebes)



MODIX Rebar Couplers

Safe and flexible rebar splicing system

Version: Peikko Group 01/2016



Technical Manual

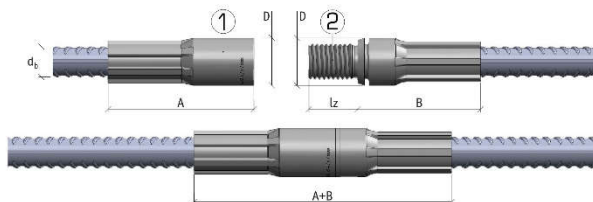
MODIX® SM (Standard Coupler)

- For connecting bars with the same diameter
- At least one bar can be moved axially and rotated

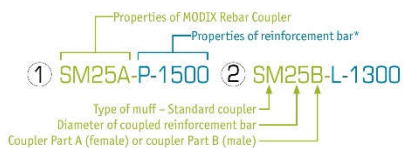


Coupler type	Bar Ø d _s [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Length Part B [mm]	Parts A+B fitted together [mm]	ISO metric thread M	Thread length l _z [mm]	Color of thread protector
SM10	10	17.5	52	46	96	M 12 x 1.75	16.0	Orange
SM12	12	21.0	63	52	113	M 16 x 2	21.2	Yellow
SM14	14	24.0	72	57	127	M 18 x 2.5	24.8	Blue
SM16	16	27.0	80	63	141	M 20 x 2.5	27.5	White
SM20	20	33.0	98	77	173	M 24 x 3	31.6	Gray
SM25	25	41.0	122	98	218	M 30 x 3.5	39.0	Red
SM28	28	47.0	141	111	250	M 36 x 4	46.0	Black
SM32	32	53.0	156	124	278	M 42 x 4.5	53.5	Brown
SM40	40	63.5	163	136	297	M 48 x 5.0	61.7	Green

- Part A and Part B can be ordered separately.



Example of a product code:



*Detailed explanations of the properties of reinforcement bars are described in Annex A

Application

MODIX SM Standard Couplers are used as regular connections for reinforcement bars with the same diameters with full tension and compression capacity.



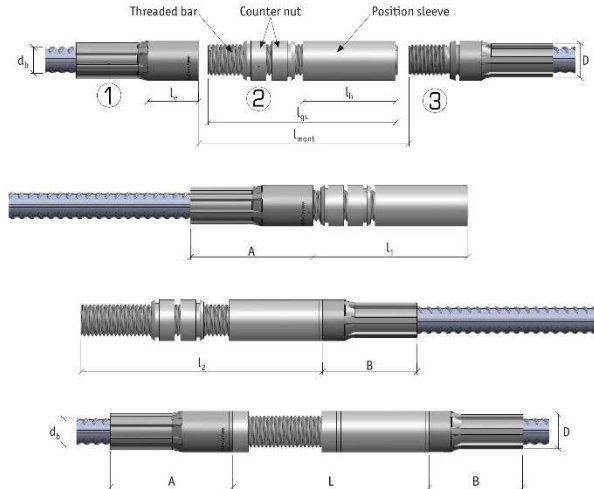
About MODIX Rebar Couplers

MODIX® PM (Position Coupler)

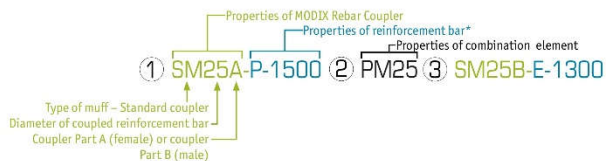
- For connecting straight or bent bars
- None of the bars can move axially or rotate



Coupler type	Bar Ø d_b [mm]	Coupler Ø D [mm]	Length Part A [mm]	Thread length Part A l_t [mm]	Length l_1	Length l_2	Length of position sleeve l_3	Length threaded bar l_{ts}	Max. free spacing l_{max}	Length L	ISO metric thread M	Color of thread protector
PM10	10	17.5	52	21	58	95	37	79	59	74	M 12 x 1.75	Orange
PM12	12	21.0	63	26	72	119	48	98	73	93	M 16 x 2	Yellow
PM14	14	24.0	72	30	81	135	55	111	82	105	M 18 x 2.5	Blue
PM16	16	27.0	80	33	88	148	61	121	89	115	M 20 x 2.5	White
PM20	20	33.0	98	37	99	167	69	136	100	130	M 24 x 3	Gray
PM25	25	41.0	122	44	117	200	83	161	118	156	M 30 x 3.5	Red
PM28	28	47.0	141	51	136	233	97	187	137	182	M 36 x 4	Black
PM32	32	53.0	156	59	155	267	112	214	156	208	M 42 x 4.5	Brown
PM40	40	63.5	163	65	175	301	127	240	173	234	M 48 x 5.0	Green



Example of a product code:



*Properties of reinforcement bars are described in detail in Annex A.

Application

MODIX PM Position Couplers are used when none of the bars can rotate or move (such as connections of bent bars or connections of two precast elements).

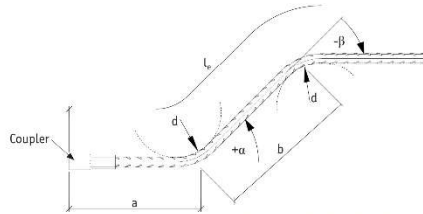
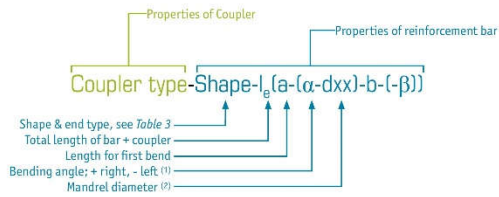


Annex A – Shape of reinforcement bars

Reinforcement bars connected with MODIX may be processed to the forms specified in Table 3. The geometry of the reinforcement bar must be specified in the product code or product shape list (Table 2) following the instructions below.

General product code principles

Single-sided:



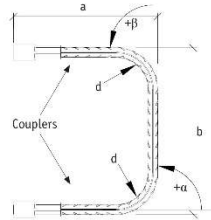
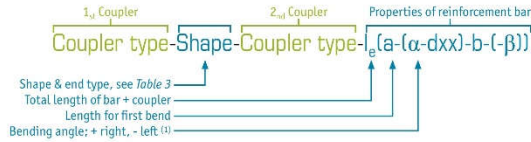
Example: SM25A-P26-1200(400-(45)-500-(-45))

⁽¹⁾ The bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to Table 3. Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle ⇒ 12, 21 = 90°; 13 = 180°

⁽²⁾ The mandrel diameter Ø m must be defined only if the value is differ from the minimum requirements of EN 1992-1-1 8.3.

Annex A - Shape of reinforcement bars

Double-sided:



Example : SM20A-D21-SM20A-1100(400-300)

⁽¹⁾ The Bending angle must be defined in shapes 15, 25, 26 according to Table 3.
Shapes 12, 13, 21 have standard bending angle \Rightarrow 12, 21 = 90°; 13 = 180°

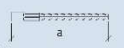
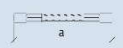

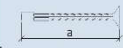
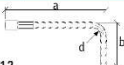
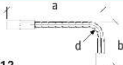
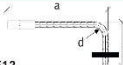
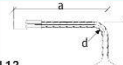


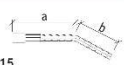
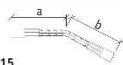
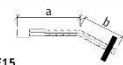
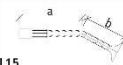








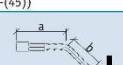
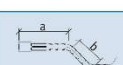
Table 2. MODIX Rebar Coupler list examples.

#	Pcs	MODIX		Bending shape + End type	Reinforcement bar			Dimensions					Notes ⁽¹⁾
		1 st end	2 nd end		Ø [mm]	Material	Standard	l_b [mm]	a [mm]	b [mm]	α [mm]	β [mm]	
1 ^(b)	38	SM25A	--	P26	25	B500B	EN 10080	1200	400	500	45	45	d200
2 ^(b)	5	SM20A	RM16A	D21	20	B500B	EN 10080	1100	400	300	90	90	--
3 ^(b)	30	SM 16A	--	E	16	B500B	EN 10080	800	--	--	--	--	10x50x50

⁽¹⁾ Additional information can be specified, e.g. if the required mandrel diameter Ø m differs from the standard values specified in Table 5 or custom dimensions of anchor plates are in group E

^(b) Examples

Table 3. MODIX rebar Product shape list.

P – Straight end	D – Double sided	E – End plate	L – Headed stud
			
Total length calculation: $l_b = a$ Example of product code: SM25A-E-1200			
			
Total length calculation: $l_b = a + b - \frac{1}{4}d - d_b$ Example of product code: SM25A-P12-1200(500)			
			
Total length calculation: $l_b = a + 0.57b + c - 1.57d_b$ or $l_b = 2a + 0.57b - 1.57d_b$ Example of product code: SM25A-D13-SM25A-1200(500-300)			
			
Total length calculation: $l_b = a + b$ Example of product code: SM25A-E15-1000(500-(-30))			
			
Total length calculation: $l_b = a + b + c - \frac{1}{2}d - 2d_b$ Example of product code: SM25A-P21-1500(700-600)			
			
Total length calculation: $l_b = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L25-1500(700-(45)-600-(45))			
			
Total length calculation: $l_b = a + b + c$ Example of product code: SM25A-L26-1500(700-(45)-600-(45))			

NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEMS



**REVISED
2017**

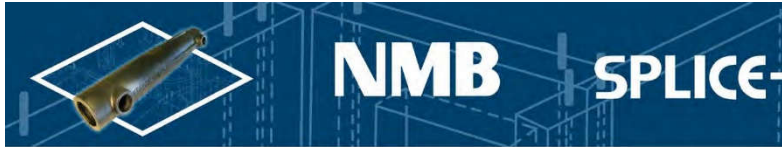


The Paramount Tower, San Francisco

Over 30 Million Sold World-Wide



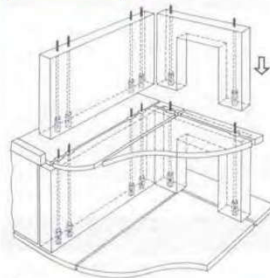
Splice Sleeve North America, Inc.



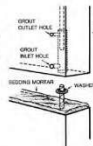
The NMB SPLICE-SLEEVE® is an efficient coupler for splicing reinforcing bars which uses a cylindrical-shaped steel sleeve interior of which is filled with SS MORTAR® grout a cementitious, non-metallic, non-shrink high-early-strength grout. Reinforcing bars to be spliced are inserted into the sleeve to meet approximately at the center of the sleeve. The resulting splices will develop tensile and compressive strengths in excess of the specified minimum for ASTM Grade 60 bars conforming to the ACI Building Code Requirements for both Type 1 and Type 2 conditions.



The NMB SPLICE-SLEEVE® SYSTEM is a proven method for connecting precast reinforced concrete structural members. At the precast plant, the sleeves are embedded precast element on one end of the main reinforcing bars to be connected. The bars protrude from the other end of the precast member. At the building site, the precast members are joined by inserting the protruding bars from the end of one precast member into the sleeves of the adjacent member. The sleeves are then grouted, in effect making the reinforcing bars continuous through the connection.



This is called "Emulation" and the NMB is categorized as an emulative connection for precast systems. (Refer to ACI 550.1R-09 for more information).

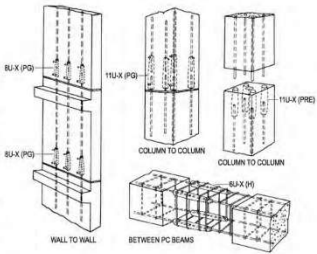


Patented Worldwide





The NMB SPLICE-SLEEVE® is particularly appropriate for use in joining vertical precast concrete structural elements (columns and shearwalls). This is because the sleeve can be embedded completely in the precast elements at the manufacturing yard and when the elements are joined in the erection process, there is no need to make a closure pour or to perform other cosmetic patching after the bars are joined. This is sometimes referred to as a “blind” connection. When used in cast-in-place situations, the NMB SPLICE-SLEEVE performs the same function as other mechanical rebar splicing devices, basically that of extending the rebar length.



APPLICATIONS

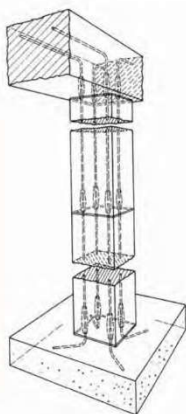
NMB SPLICE-SLEEVES have been used in a number of different applications both in cast-in-place and precast concrete structures.

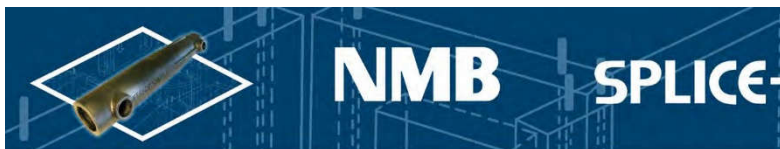
Precast Concrete Connections:

- Column-to-column
- Column-to-beam
- Column-to-foundation
- Beam-to-beam
- Shear wall to shear wall
- Shear wall to foundation
- Elevator and stair cores
- Airport control towers
- Bridge piers and Pier caps
- Caissons
- Large diameter hollow columns

Cast-in-place Concrete Structures:

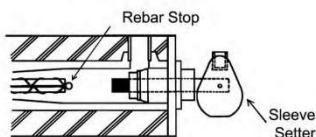
- Connections of prefabricated column reinforcing cages
- Connections of new bars to old in vertical and horizontal rehabilitation work
- Stress relief joints in post-tensioned cast-in-place floor slabs





NMB SPLICE-SLEEVES are installed and held firmly in place in the forms during concrete pouring by means of a Sleeve Setter featuring a fast-acting cam operated locking device.

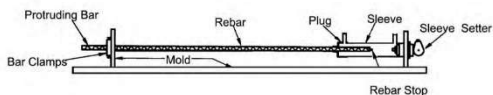
The NMB SPLICE-SLEEVE has an integral Rebar Stop in the mid-portion which assures the specified embedment of the rebar into the sleeve and an optional setscrew to hold the bar in the narrow end.



The uniform exterior dimension of the sleeve permits use of stirrups or hoops of the same size throughout the length of the sleeve.

No special treatment such as threading of rebar ends is required.

NMB SPLICE-SLEEVE can connect bars of the same size or up to two sizes smaller than the sleeve size.



The NMB can be epoxy coated and used to connect epoxy coated bars without removing the coating.



SLEEVE® SYSTEMS

NMB
SPLICE SLEEVE



8 Day Bridge – Epping, NH



Salt Lake City – Front Runner Railway



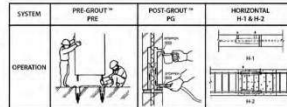
F35 Training Facility ATCT

ERECTION

During erection, precast concrete elements are set into position one of three ways (see diagrams). The rebar dowels projecting from either the foundation or opposite piece are inserted into NMB Splice-Sleeves embedded in the precast element. The wide (field) end of the sleeves is designed larger than the rebar to provide tolerance to accommodate bar misalignment. The sleeve also allows tolerance with inserted rebar length (see chart on Page 5).

If needed, additional tolerance can be gained by "Upsizing" to a bigger sleeve. This can be one or two sizes (max.) bigger than the rebar. Similar to Upsizing, different rebar sizes can be "Transition Spliced" in the NMB Splice-Sleeve (for details see User's Manual). These abilities allow all bars to be quickly mated and grouted simultaneously, saving crane time and speeding erection.

The precast elements are temporarily braced while the grout cures sufficiently in the sleeves. Typically EORs specify 4,000 psi which is comfortably above a yield strength connection. This is achieved in less than 24 hours at 68°F (see chart above), contributing to rapid construction.



SS Mortar™ (Grout) - Compressive Strength Time vs Temperature						
Curing Temp	12 hr	18 hr	1 day	3 days	7 days	28 days
41°F 5°C	---	834	1,869	5,923	8,871	13,860
50°F 10°C	410	1,869	2,905	6,858	9,907	14,805
68°F 20°C	1,869	3,328	4,364	8,317	11,366	16,354
86°F 30°C	2,905	4,364	5,399	9,352	12,401	17,389
104°F 40°C	3,708	5,167	6,202	10,155	13,204	18,192

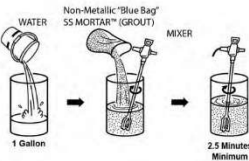
Calculated strength — calculated from the formula (24,758 / (a + cumulative temperature)) - 54,183

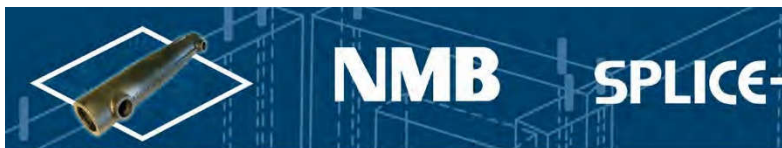
GROUTING

For PRE-GROUT applications, the SS MORTAR grout is simply poured into the sleeve and consolidated before the next precast member is set in position.

For POST-GROUT and HORIZONTAL applications, the grout is pumped into the sleeve by means of a hand-operated pump. With both these systems, grouting operations can be performed after bracing and do not interfere with erection progress.

In total, NMB SPLICE-SLEEVE contributes to speed of construction.





NMB SPLICE-SLEEVE

Steel Specification: The material properties of the NMB Splice Sleeve® iron castings conform to proprietary specification based on ASTM A536-84. The Models 5U-X and 6U-X satisfy the ASTM A536 Grade 65-45-12 [minimum yield and tensile strength of 65,000 and 45,000 psi respectively], Model 7U-X through Model 14U-X, Model A11W, and Model SNX11 satisfy ASTM A536 [Grade 80-55-06] with a Grade of 85-60-06 [minimum yield and tensile strength of 85,000 and 60,000 psi respectively].

Grout Specification: The grout used in the NMB must be non-metallic, "SS Mortar®". Minimum grout strength requirements for ASTM A615 Grade 60 rebars:

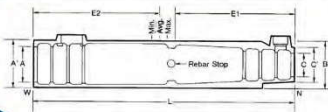
Type 2 (ACI)*	(100% $F_u = 150\%$ $F_y = 90$ ksi)	9,500 psi
Type 1 & AASHTO	(125% $F_y = 75$ ksi)	6,500 psi
Yield Strength	(100% $F_y = 60$ ksi)	4,000 psi

NOTE: to allow for variations in curing, typically cube breaks of 4,000-psi are specified by the EOR for removal of bracing and continued erection.

*Note that for ASTM A706 Grade 60 rebars, 100% of specified tensile equals 133% of specified yield.

DIMENSIONS OF NMB SPLICE-SLEEVES*										RECOMMENDED REBAR EMBEDMENT LENGTH							
Sleeve No.	Bar Diameter	ASTM Bar Size		Sleeve Length (L) inch (mm)	Narrow End Diameter			Wide End Diameter			Factory Dowel (E1) inch (mm)		Field Dowel (E2) inch (mm)		SS Mortar lbs. per Sleeve (kg)		
		U.S.	Metric		I.D. (C) inch (mm)	O.D. (C) inch (mm)	Max. Dia. (B) inch (mm)	I.D. (A) inch (mm)	Total Tolerance inch (mm)	O.D. (A') inch (mm)	Min.	Max.	Min.	Avg.		Max.	
5U-X	0.625	#5	16 MM	9.65 (245)	0.87 (22)	1.50 (38)	1.81 (46)	1.26 (32)	0.63 (16)	1.89 (48)	4.13 (105)	4.33 (110)	4.13 (105)	4.53 (115)	4.92 (125)	1.26 (0.57)	
6U-X	0.750	#6	20 MM	11.22 (285)	1.02 (26)	1.65 (42)	1.97 (50)	1.42 (36)	0.67 (17)	2.05 (52)	4.92 (125)	5.12 (130)	4.92 (125)	5.32 (135)	5.71 (145)	1.76 (0.80)	
7U-X	0.875	#7	22 MM	12.80 (325)	1.14 (29)	1.77 (45)	2.28 (58)	1.73 (44)	0.86 (22)	2.36 (60)	5.71 (145)	5.91 (150)	5.71 (145)	6.11 (155)	6.50 (160)	2.65 (1.20)	
8U-X	1.000	#8	25 MM	14.57 (370)	1.30 (33)	1.93 (49)	2.48 (63)	1.89 (48)	0.89 (23)	2.52 (64)	6.50 (165)	6.69 (170)	6.50 (165)	6.99 (178)	7.48 (190)	3.46 (1.57)	
9U-X	1.128	#9	28 MM	16.34 (415)	1.42 (36)	2.06 (52)	2.60 (66)	2.01 (51)	0.89 (23)	2.67 (68)	7.40 (188)	7.56 (192)	7.40 (188)	7.88 (200)	8.35 (212)	3.95 (1.79)	
10U-X	1.270	#10	32 MM	17.91 (455)	1.57 (40)	2.28 (58)	2.80 (71)	2.16 (55)	0.89 (23)	2.87 (73)	8.08 (202)	8.35 (212)	8.08 (202)	8.66 (220)	9.13 (232)	4.94 (2.24)	
11U-X	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (232)	9.13 (238)	8.98 (232)	9.45 (240)	9.92 (252)	6.02 (2.73)	
SNX11	1.410	#11	35 MM	19.09 (485)	1.69 (43)	2.03 (77)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.86 (225)	9.25 (235)	8.27 (210)	8.86 (225)	9.45 (240)	6.99 (3.17)	
A11W	1.410	#11	35 MM	19.49 (495)	1.73 (44)	2.40 (61)	3.03 (77)	2.32 (59)	0.91 (23)	3.03 (77)	8.98 (228)	9.25 (238)	8.27 (210)	8.86 (228)	9.45 (240)	6.99 (3.17)	
14U-X	1.693	#14	40 MM	24.41 (620)	2.01 (51)	2.80 (71)	3.46 (88)	2.60 (66)	0.91 (23)	3.46 (112)	11.42 (290)	11.61 (300)	11.42 (290)	11.91 (303)	12.40 (315)	9.19 (4.17)	
18U	2.257	#18	57 MM	36.22 (920)	2.68 (68)	3.66 (93)	4.72 (120)	3.27 (83)	1.01 (26)	4.25 (108)	17.00 (432)	18.11 (460)	17.00 (432)	17.56 (446)	18.11 (460)	25.31 (11.48)	

**The minimum embedment length for the bars using a larger size sleeve must follow the requirements for the sleeve size, not the bar size. For example, for a #9 bar with #11U-X sleeve, the embedment length must be based upon 11U-X, i.e. the maximum factory dowel (E1) is 9.13"; the maximum field dowel (E2) is 9.92".

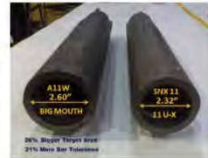




SNX11

- US PVC grout tubes
3/4" inlet & 1/2" outlet
- Screw in Rubber Plugs
- 9/11 RP for upsizing
- More Tolerance

A11W



How to specify NMB SPLICE-SLEEVES:

SPECIFIC: Show sleeve size and grouting system.

Examples: NMB SPLICE SLEEVE 8U-X(PG), 11U-X (PRE) from Splice Sleeve North America, Inc. Livonia, Michigan.

GENERIC: Mechanical rebar splices by means of grout-filled steel sleeves with frusto-conical geometry into which a non-shrink, high-strength grout is introduced using a low pressure pump, the splice to meet the TYPE 1 or 2 requirements of ACI 318.

AASHTO:

The NMB SPLICE-SLEEVE exceeds the requirements (min. 125%Fy) of the AASHTO, Standard Specification for Highway Bridges, Division I- Design, Section 8.32.2. This article sets down requirements for fatigue design of mechanical connections. The NMB is listed generically as the "Grout-filled sleeve (without threaded ends), with or without epoxy coated rebar", which gains the 18-ksi stress category (highest) under 5 million cycle testing per NCHRP 10-35 methodology.

APPROVAL AND RECOGNITION

- ESR-3433: ICC Evaluation Service, Inc.
- New York State Department of Transportation
- Various U.S. State Department of Transportation
- New York City Board of Standards and Appeals, Calendar No. 329-89-SM
- City of Los Angeles, Departments of Building and Safety, Research Report



MGM Grand, Las Vegas



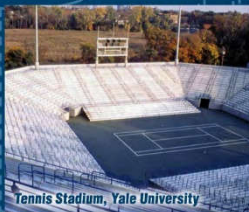
Costa Azul LNG Plant, Mexico



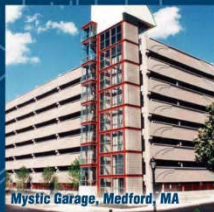
Edison Bridge, Fort Myers



FAA Control Tower, Orlando



Tennis Stadium, Yale University



Mystic Garage, Medford, MA



Splice Sleeve North America, Inc.
 38777 W. Six Mile Road, Suite 205
 Livonia, Michigan 48152
 For More Information, Call: 734-838-0420
 On the Web: www.splicesleeve.com

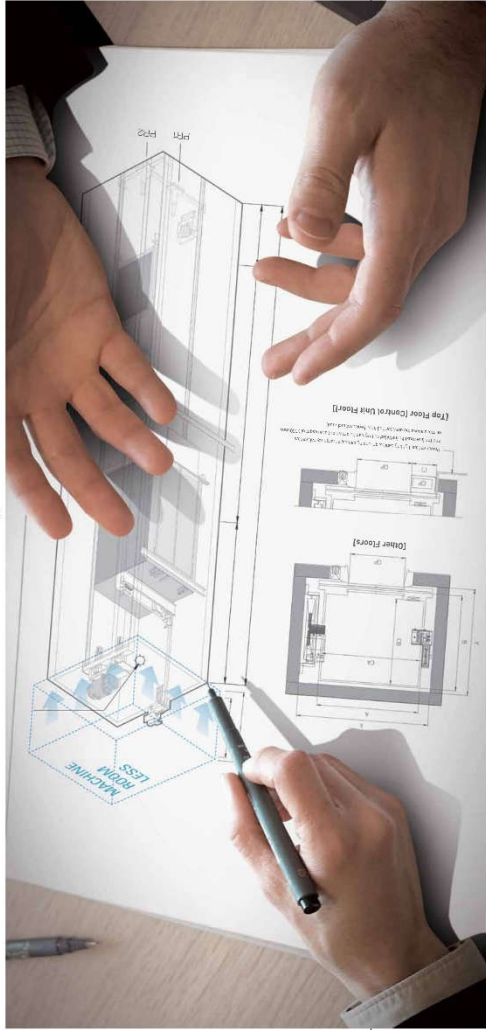
YZER I



1 1/2" 3840 / 27 3/4" 714 8400

www.hyundaiseoul.com





More convenient, more comfortable Elevator that understands people

An elevator that values people and space

Fit in with the machine room that allows you to get on and off an elevator with ease, as we use our lifting light that addresses a pleasing, open and spacious space embodied by Hybrid Elevator's OVERL.

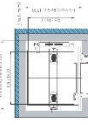
High-performance, wide-traveling traction

Hybrid Elevator's OVERL is a high-performance traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety. It is a wide-traveling traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety.



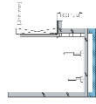
Minimum machine size

Hybrid Elevator's OVERL is a high-performance traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety. It is a wide-traveling traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety.



Minimum pit length (200 mm)

Hybrid Elevator's OVERL is a high-performance traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety. It is a wide-traveling traction system that is designed to provide a wide range of travel and a high level of safety.



Technical Data

Standard Dimensions and Reactions

[illegible]

Works to Be Done by Others

The following considerations and design criteria are not included in the standard contract and shall be performed by others.

Building Work

- Holstway

- [illegible]

Electrical Work

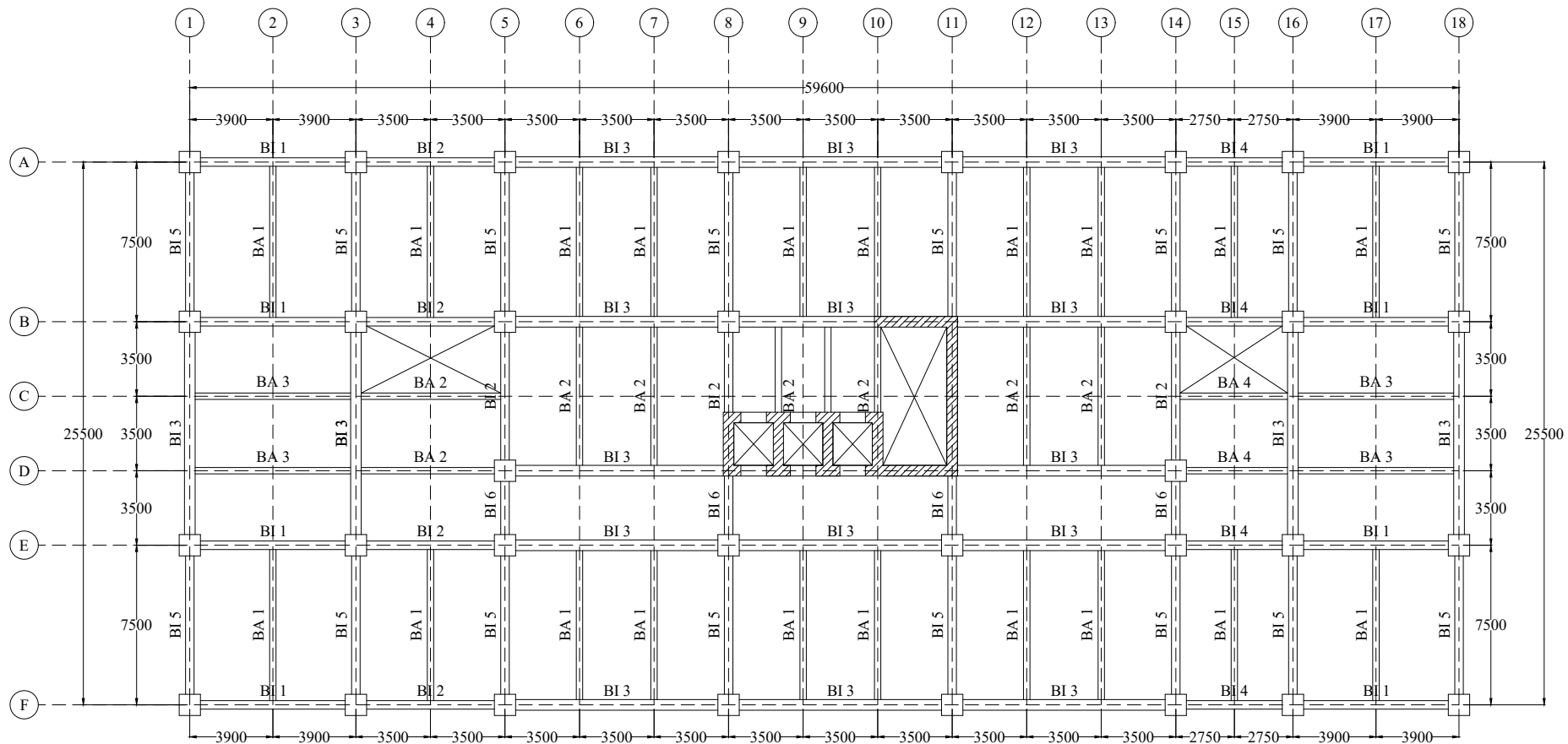
- Holstway

1. Using the same group of subjects, repeat the procedure for the following conditions:
 - a. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$
 - b. $\alpha = 0.01$ and $\beta = 0.80$
 - c. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.90$
 - d. $\alpha = 0.01$ and $\beta = 0.90$
2. Repeat the entire procedure for the following conditions:
 - a. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$
 - b. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 20$
 - c. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 30$
 - d. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 40$
 - e. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 50$
 - f. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 60$
 - g. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 70$
 - h. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 80$
 - i. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 90$
 - j. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 100$
3. Repeat the entire procedure for the following conditions:
 - a. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 1$
 - b. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 2$
 - c. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 3$
 - d. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 4$
 - e. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 5$
 - f. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 6$
 - g. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 7$
 - h. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 8$
 - i. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 9$
 - j. $\alpha = 0.05$ and $\beta = 0.80$ with $n = 10$ and $\sigma = 10$


Power Supply Plan

[illegible]

* Hatched 12–17 May in 20–77°C. Survived 100% at 50°C, below which about



Balok Induk			Balok Anak		
No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)	No.	Tipe	Dimensi Balok (mm)
1	BI1	400x700	1	BA1	300x550
2	BI2	400x700	2	BA2	300x550
3	BI3	500x750	3	BA3	300x550
4	BI4	400x700	4	BA4	300x550
5	BI5	400x700			
6	BI6	400x700			


DENAH BALOK LT.1 - LT.5
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

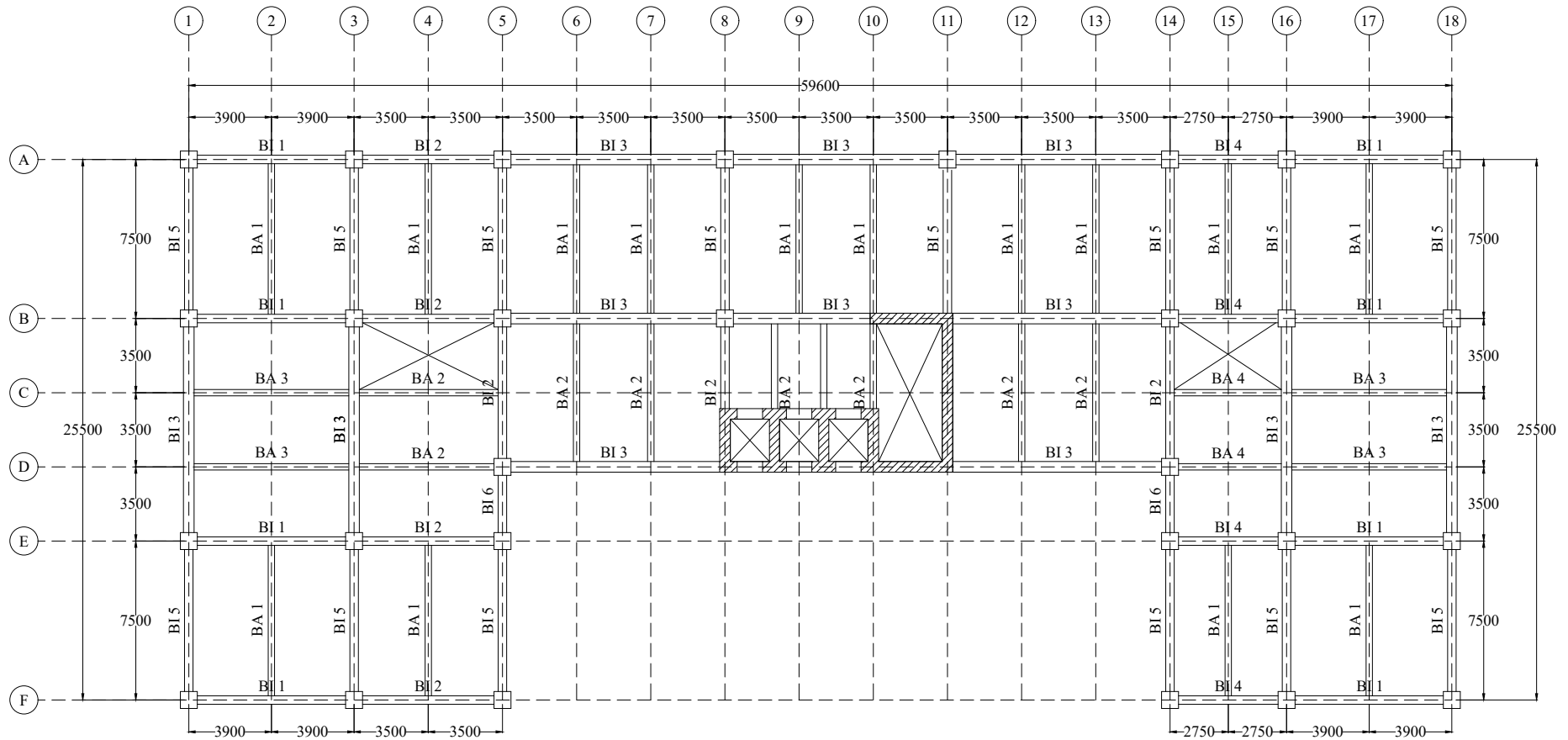
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH BALOK
 LT.1 - LT. 5

NO / TOTAL LEMBAR
 01 / 44



Balok Induk			Balok Anak		
No.	Type	Dimensi Balok (mm)	No.	Type	Dimensi Balok (mm)
1	BI1	400x700	1	BA1	300x550
2	BI2	400x700	2	BA2	300x550
3	BI3	500x750	3	BA3	300x550
4	BI4	400x700	4	BA4	300x550
5	BI5	400x700			
6	BI6	400x700			


DENAH BALOK LT.6 - LT.12
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

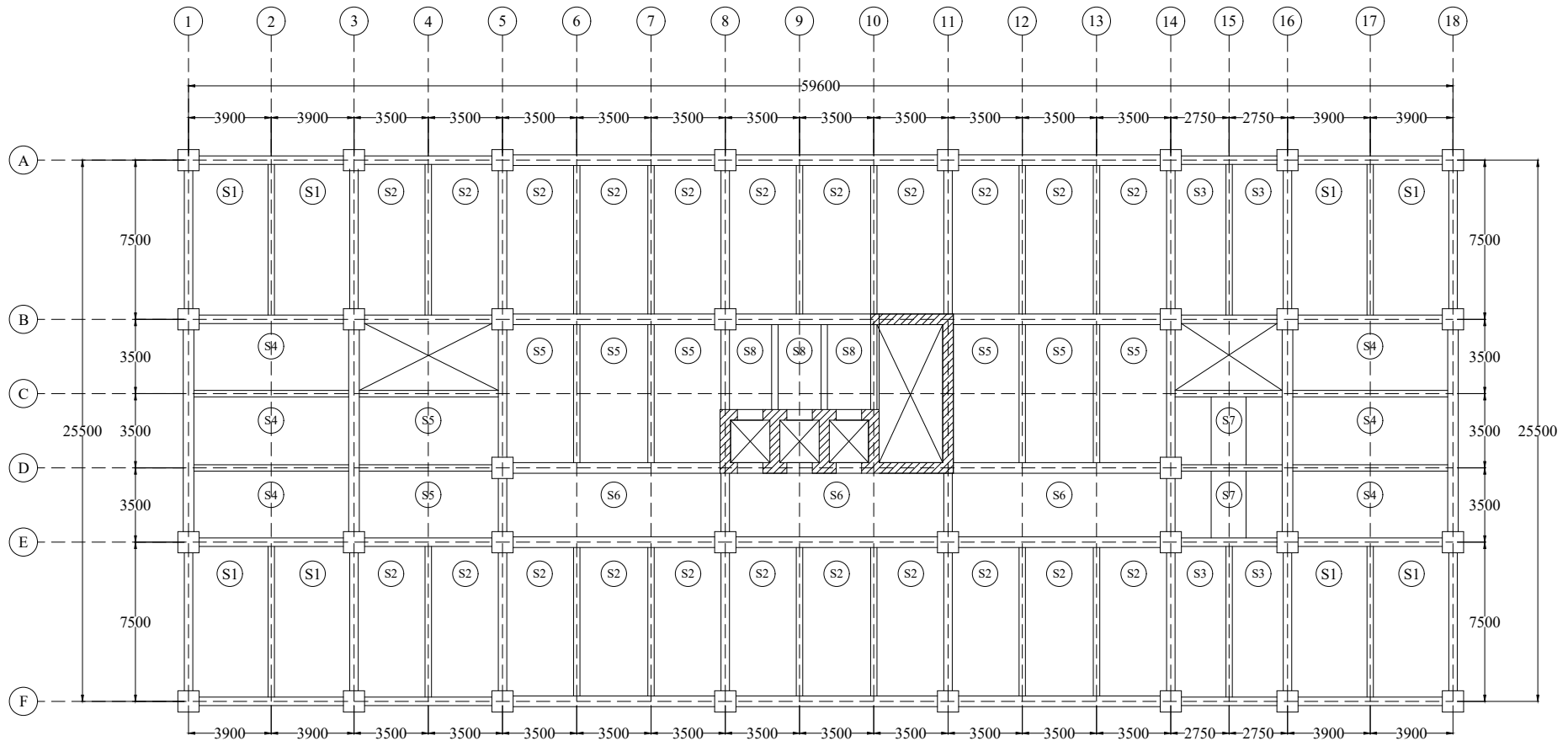
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH BALOK
 LT.6 - LT.12

NO / TOTAL LEMBAR
 02 / 44



Pelat			Pelat		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)	No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	S1	3900x7500	5	S5	3500x7000
2	S2	3500x7500	6	S6	3500x10500
3	S3	2750x7500	7	S7	3500x7500
4	S4	3500x7800	8	S8	2350x7000


DENAH PELAT LT.1 - LT.5
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

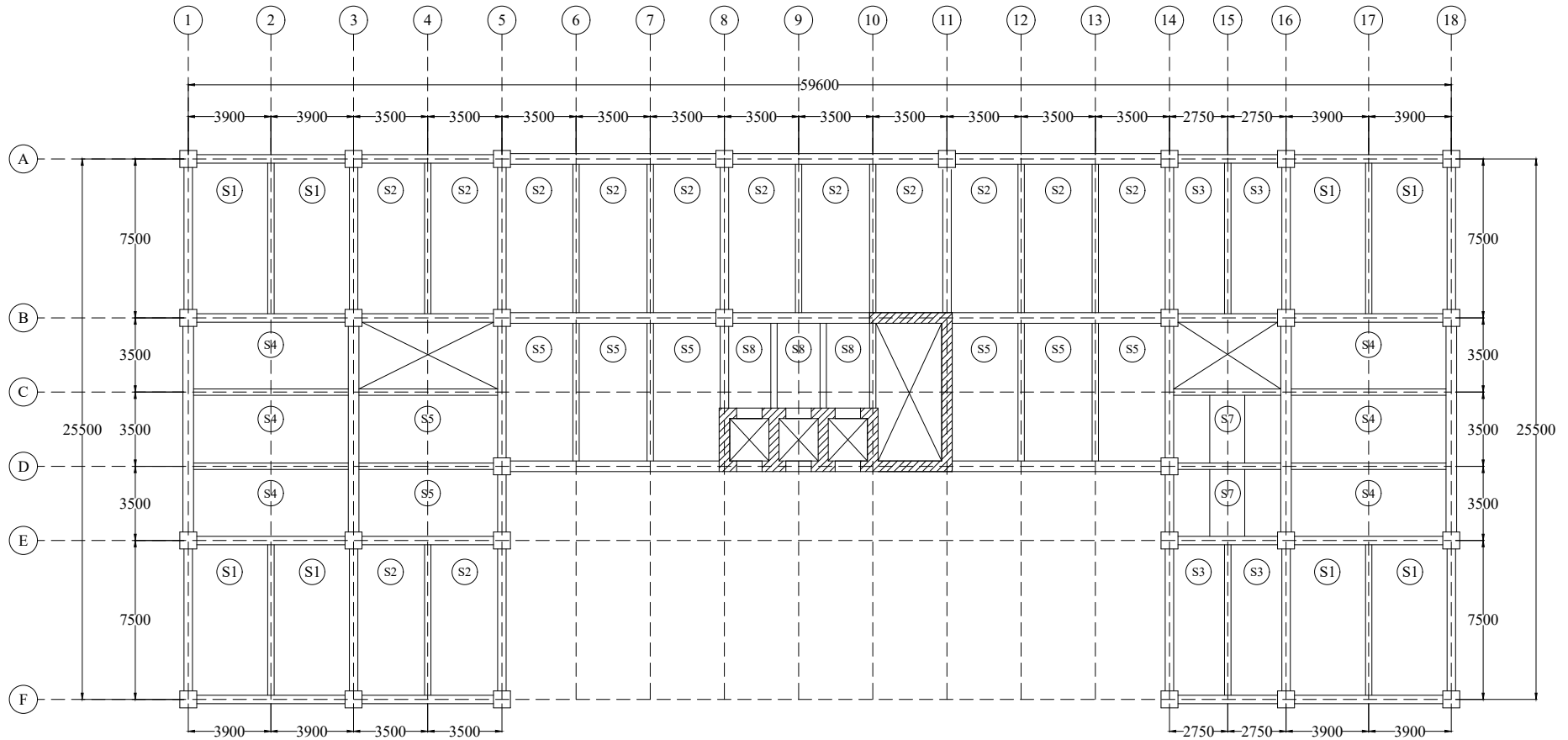
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH PELAT
 LT.1 - LT.5

NO / TOTAL LEMBAR
 03 / 44



Pelat			Pelat		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)	No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	S1	3900x7500	5	S5	3500x7000
2	S2	3500x7500	6	S6	3500x10500
3	S3	2750x7500	7	S7	3500x7500
4	S4	3500x7800	8	S8	2350x7000


DENAH PELAT LT.6 - LT.12
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

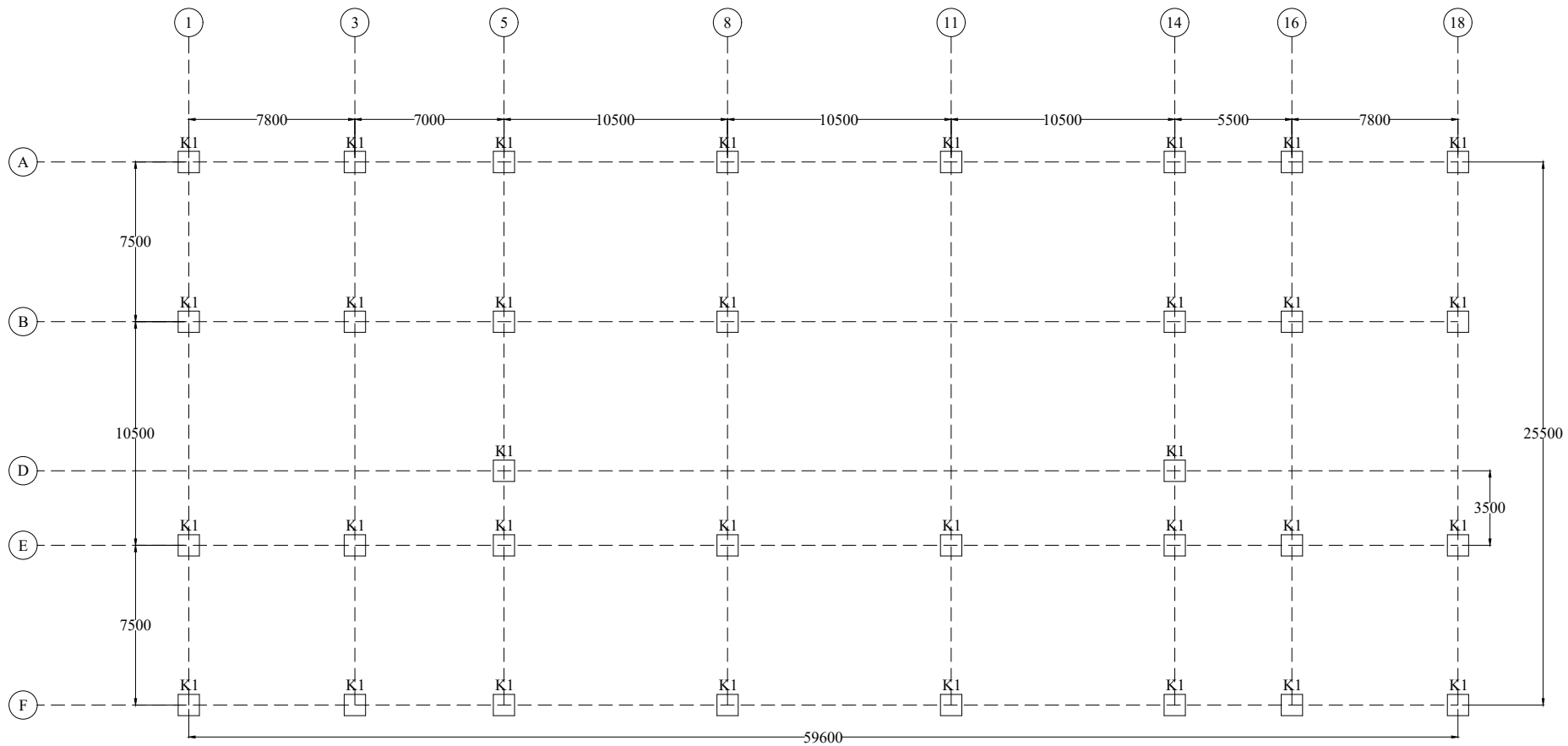
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH PELAT
 LT.6 - LT.12

NO / TOTAL LEMBAR
 04 / 44



Kolom		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	K1	1000x1000
2	K2	800x800
3	K3	800x800


DENAH KOLOM LT.1 - LT.5
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

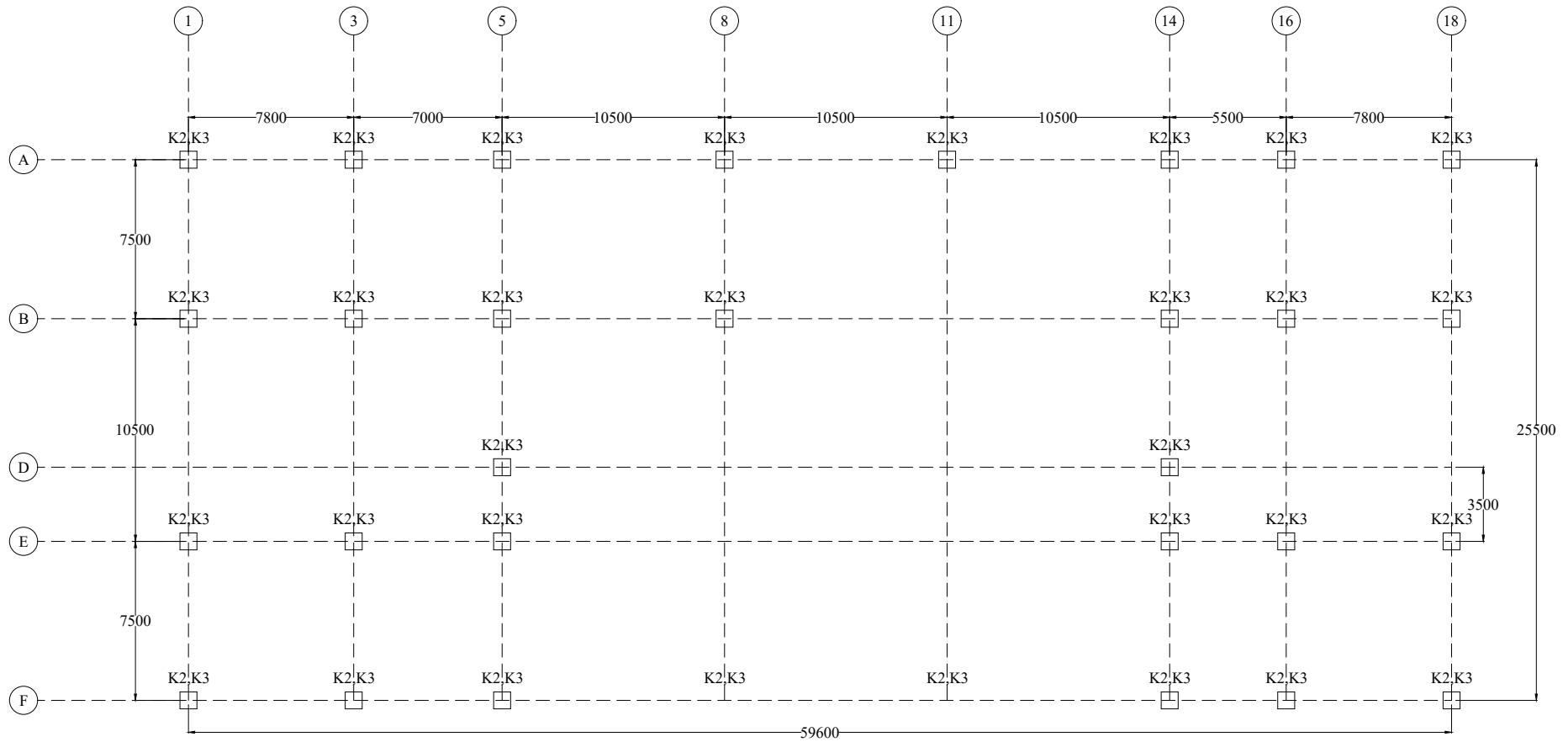
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (0311154000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH KOLOM
 LT.1 - LT.5

NO / TOTAL LEMBAR
 05 / 44



Kolom		
No.	Tipe	Dimensi Pelat (mm)
1	K1	1000x1000
2	K2	800x800
3	K3	800x800


DENAH KOLOM LT.6 - LT.12
 SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

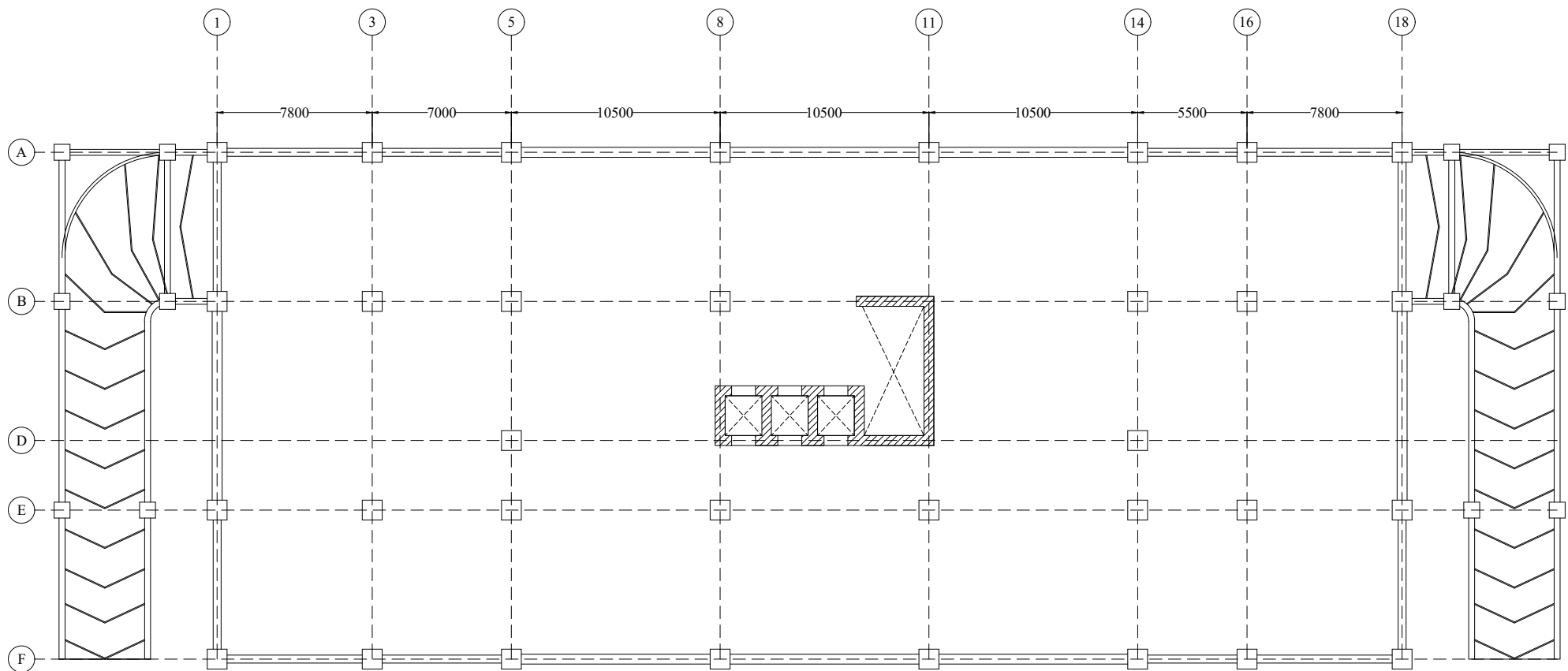
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (0311154000057)

JUDUL GAMBAR
 DENAH KOLOM
 LT.6 - LT.12

NO / TOTAL LEMBAR
 06 / 44



 **DENAH PELAT BASEMENT**
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

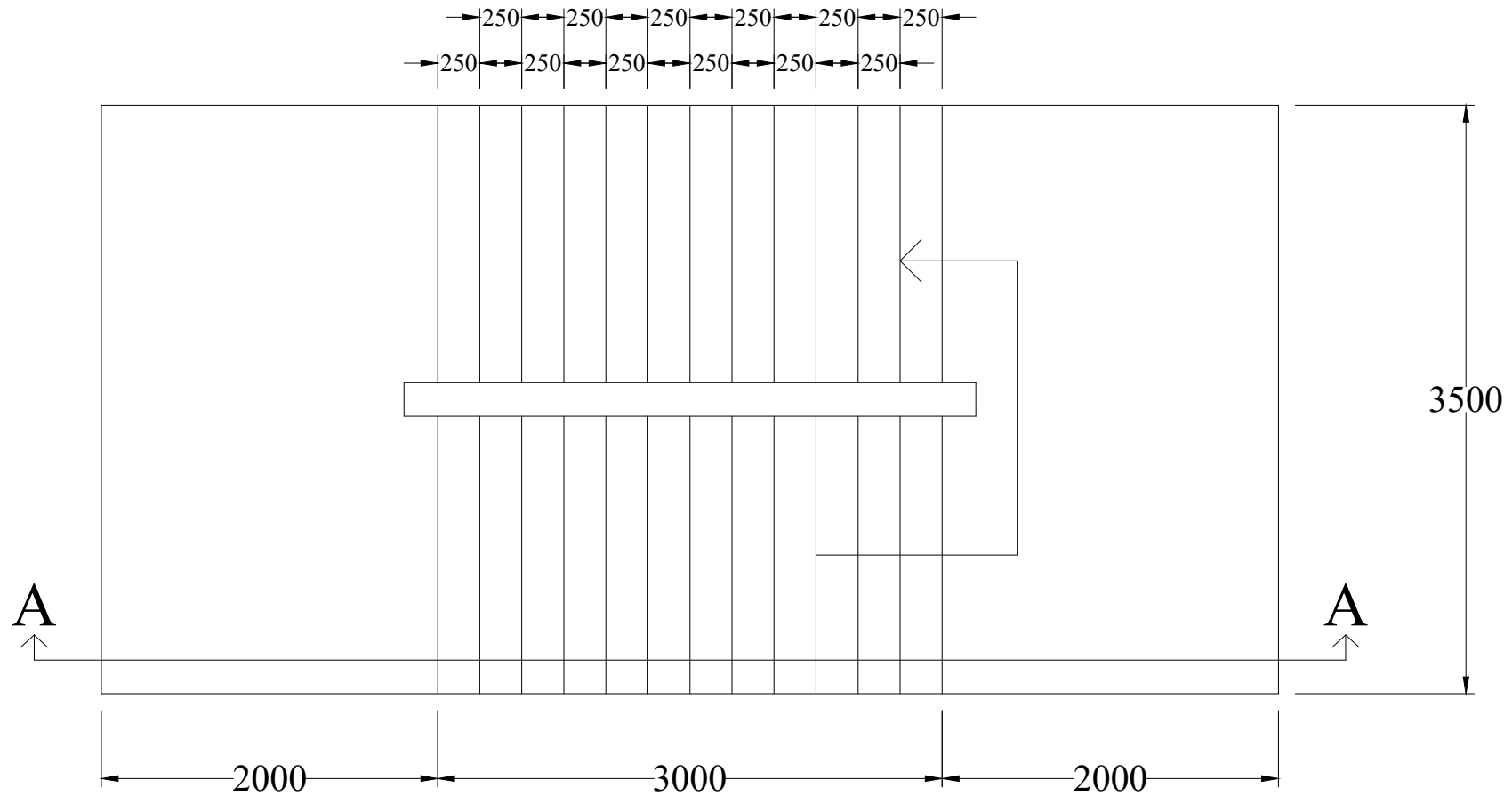
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

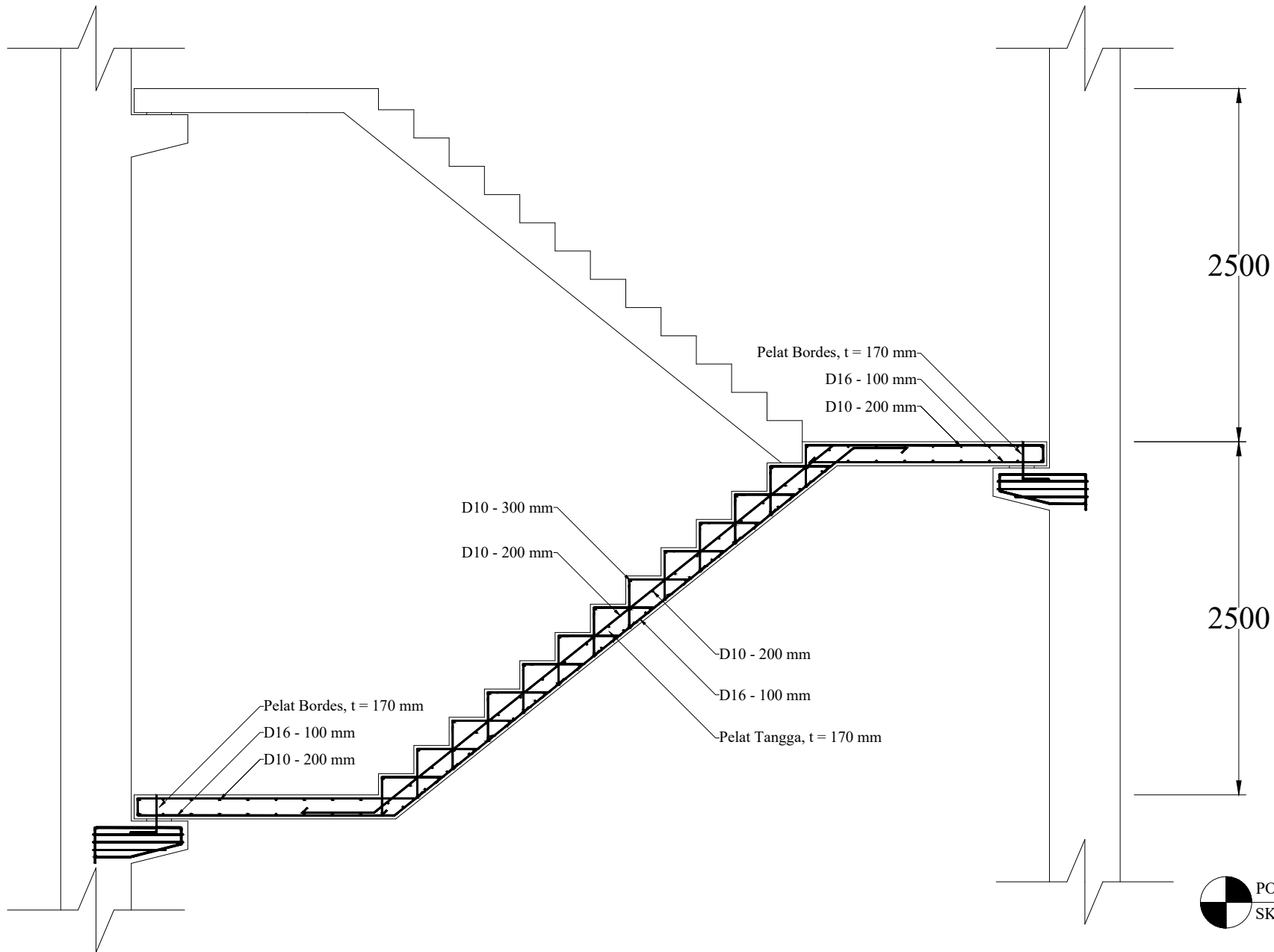
JUDUL GAMBAR
DENAH PELAT
BASEMENT

NO / TOTAL LEMBAR
07 / 44



 DENAH TANGGA
SKALA 1:40





POTONGAN A-A
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

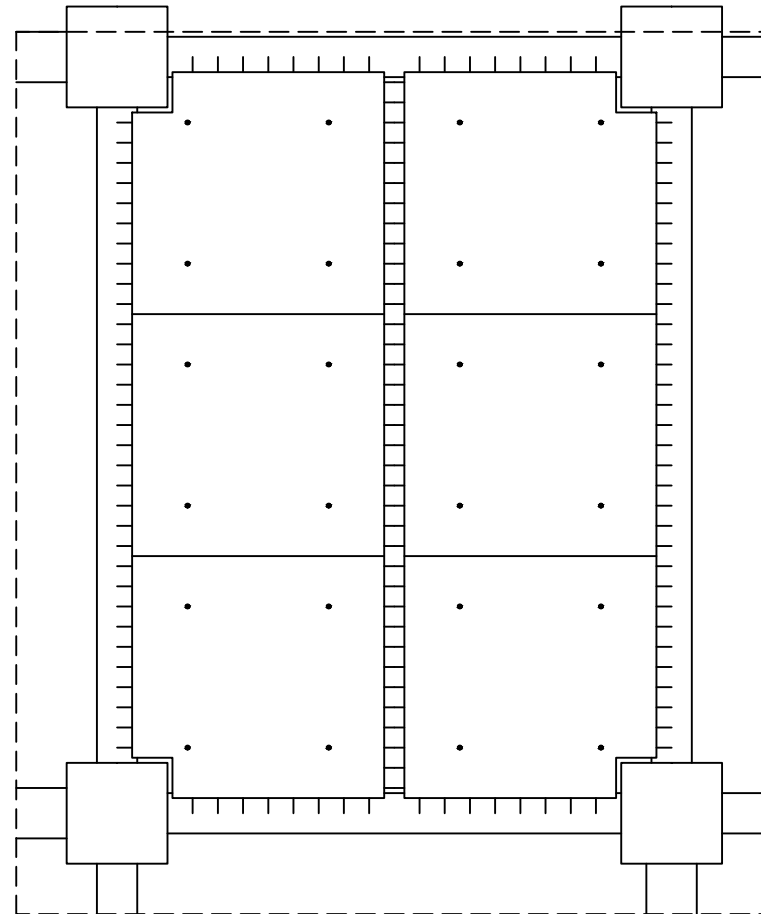
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
POTONGAN
A-A

NO / TOTAL LEMBAR
09 / 44

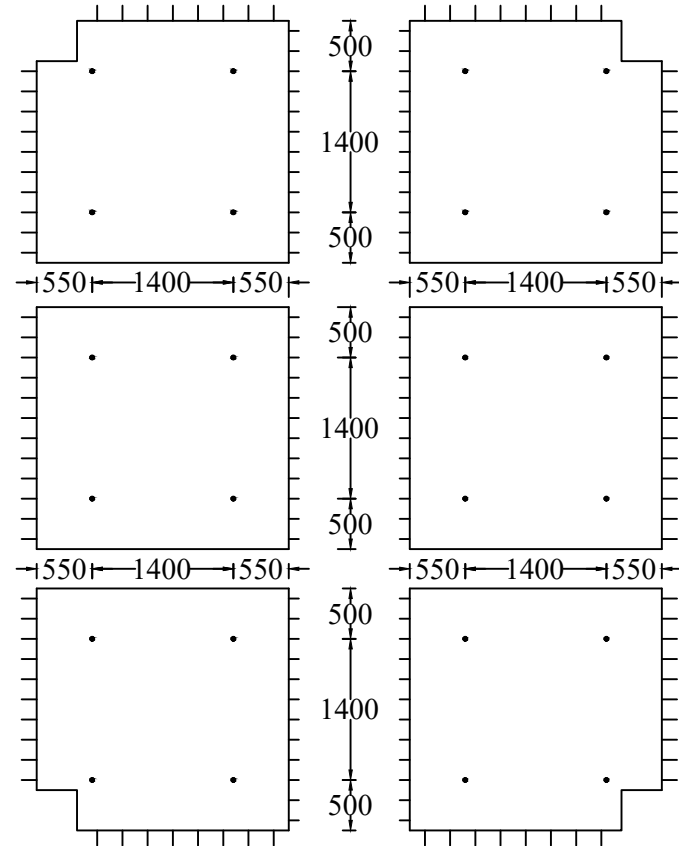
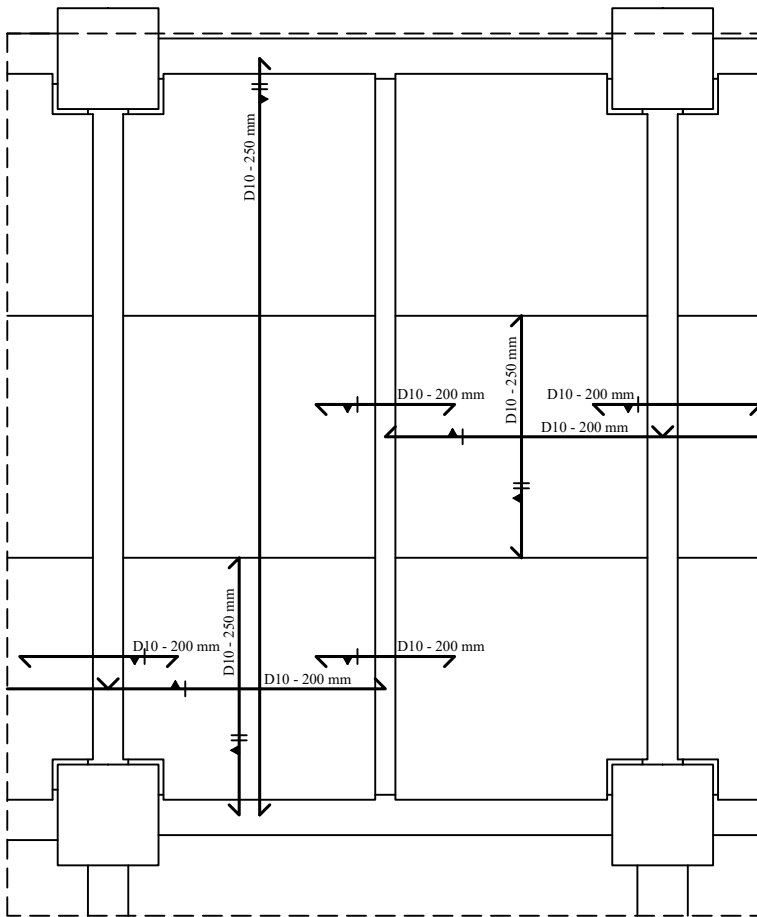


DETAIL PELAT TIPE 3
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NO / TOTAL LEMBAR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN <i>DUAL SYSTEM</i> SESUAI ACI 318M-14	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.	Vinson Intar Zakaria (03111540000057)	DETAIL PELAT	10 / 44



DETAIL PELAT TIPE 3
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

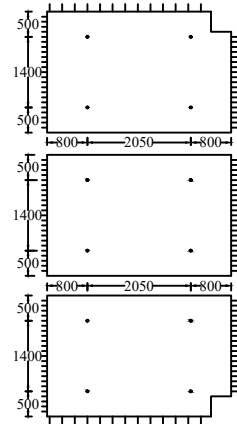
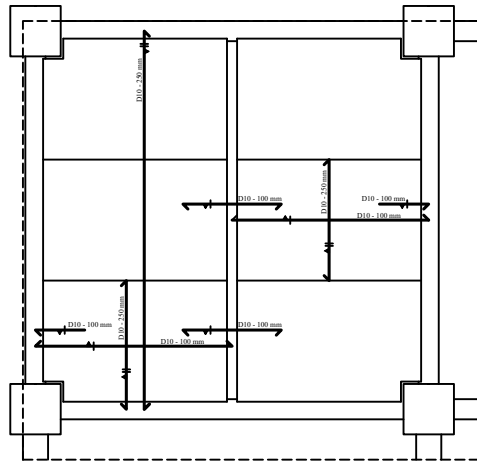
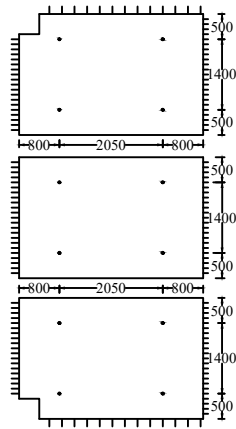
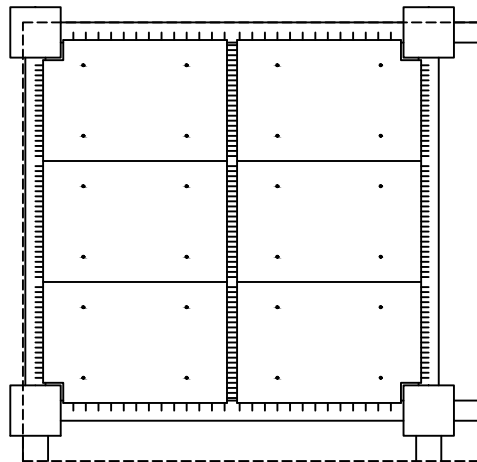
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

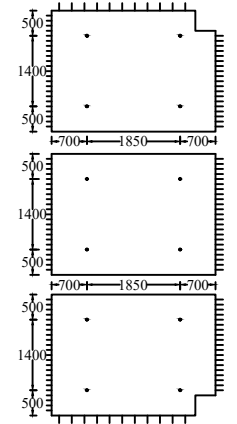
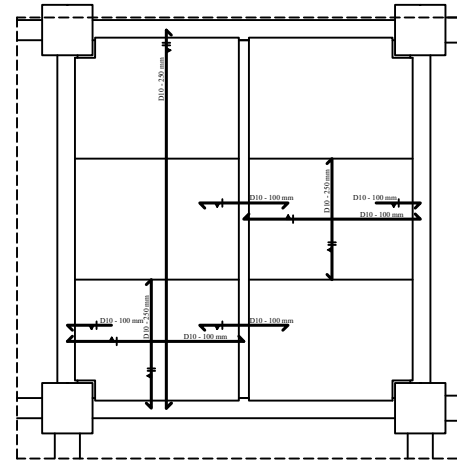
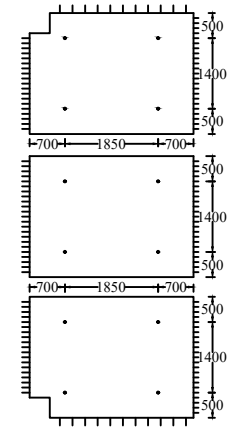
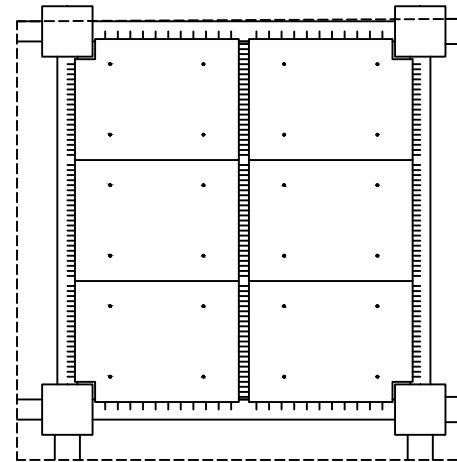
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL PELAT

NO / TOTAL LEMBAR
11 / 44



DETAIL PELAT TIPE 1
SKALA 1:150



DETAIL PELAT TIPE 2
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

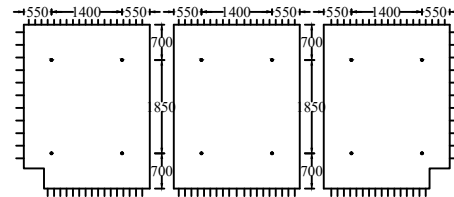
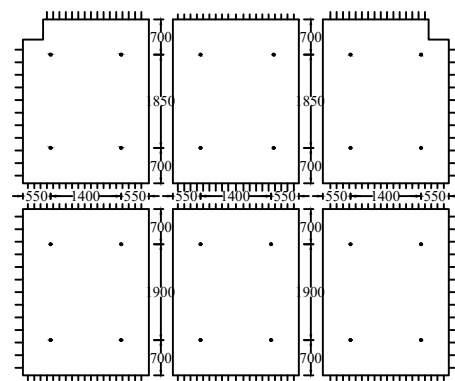
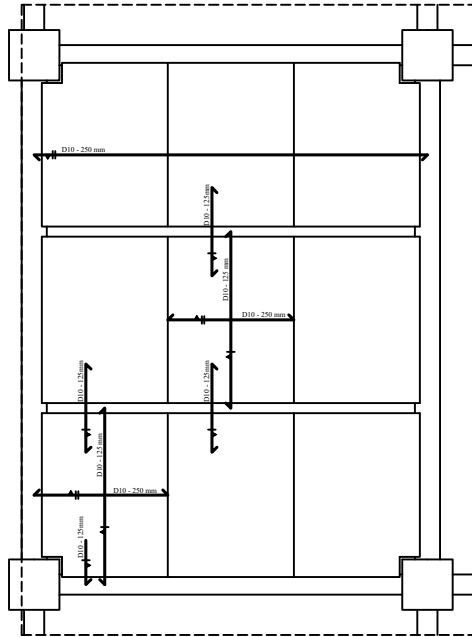
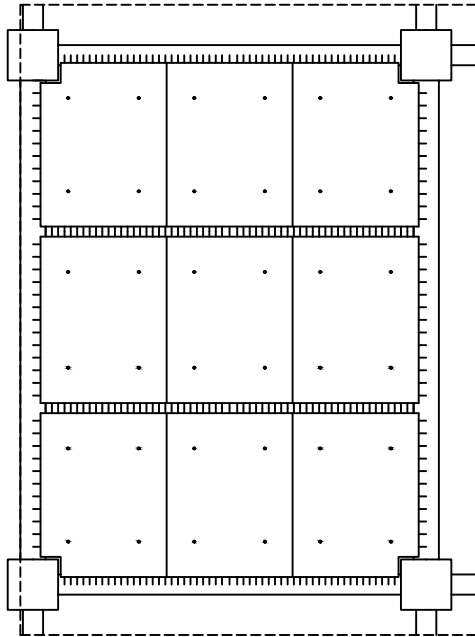
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

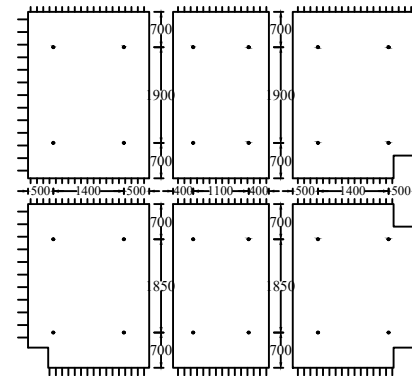
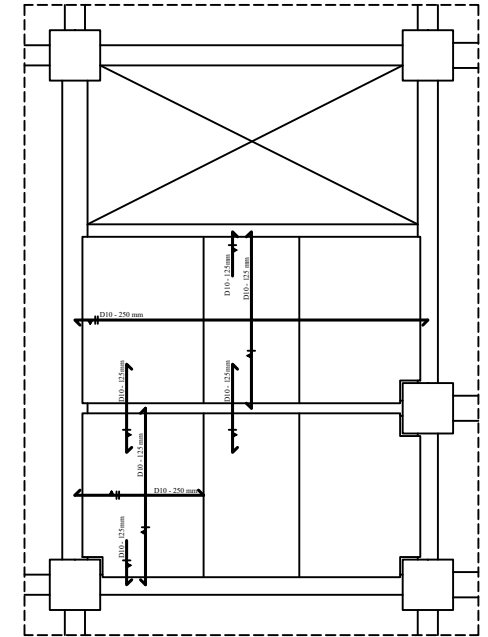
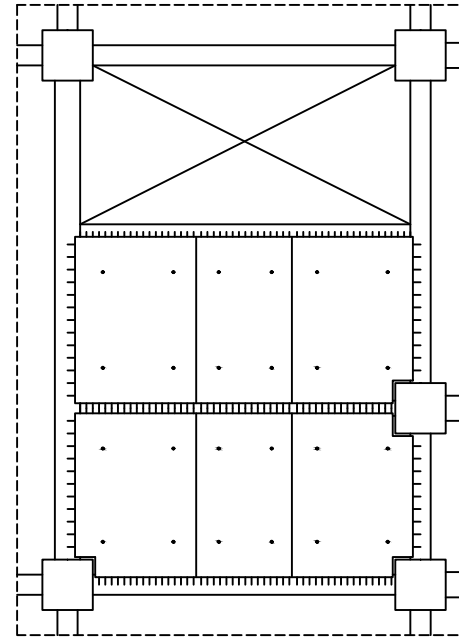
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL PELAT

NO / TOTAL LEMBAR
12 / 44



DETAIL PELAT TIPE 4
SKALA 1:150



DETAIL PELAT TIPE 5
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

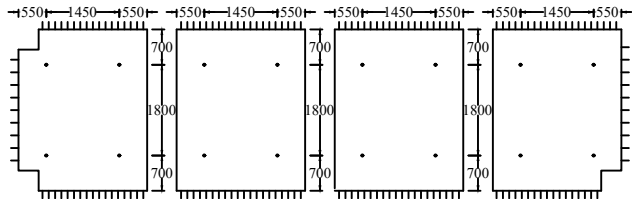
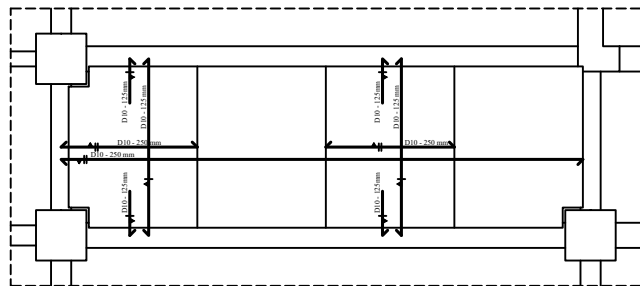
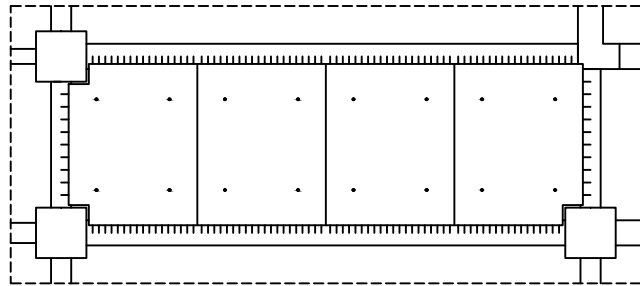
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN DUAL SYSTEM SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.


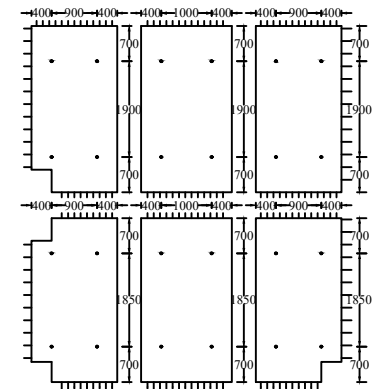
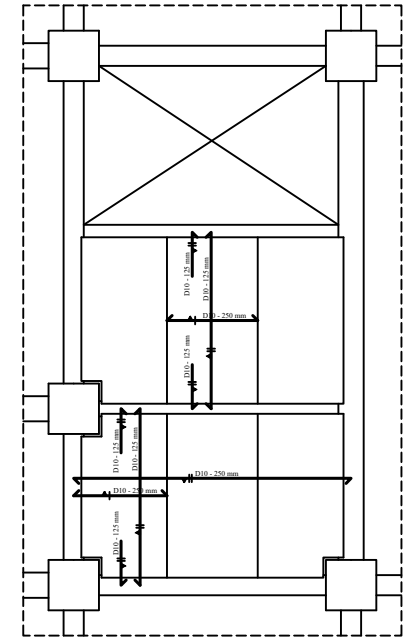
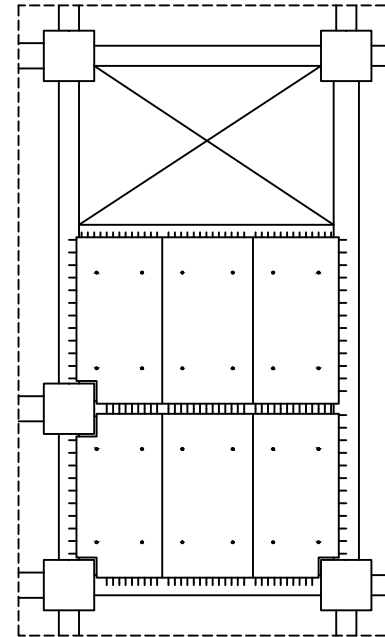
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL PELAT

NO / TOTAL LEMBAR
13 / 44



DETAIL PELAT TIPE 6
SKALA 1:150



DETAIL PELAT TIPE 7
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN <i>DUAL SYSTEM</i> SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

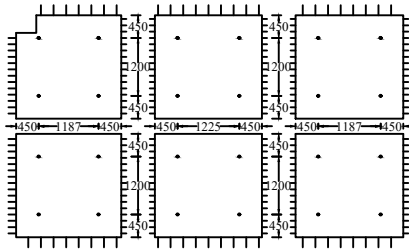
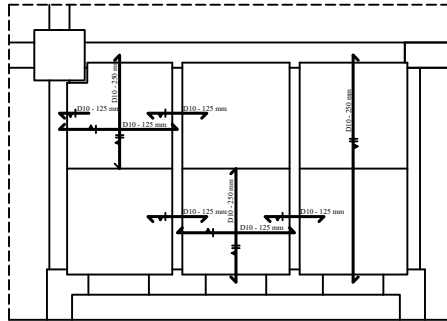
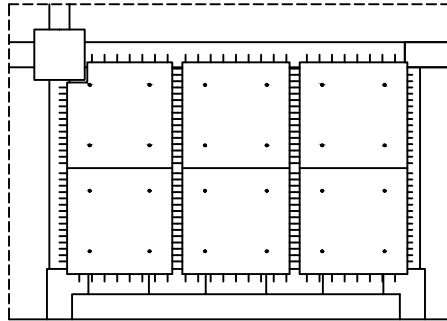
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria (03111540000057)

JUDUL GAMBAR

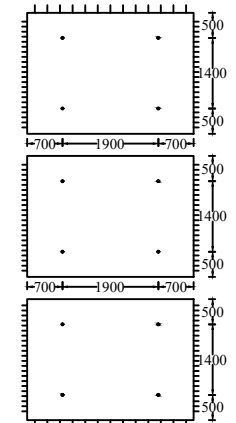
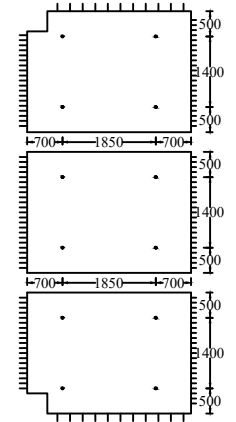
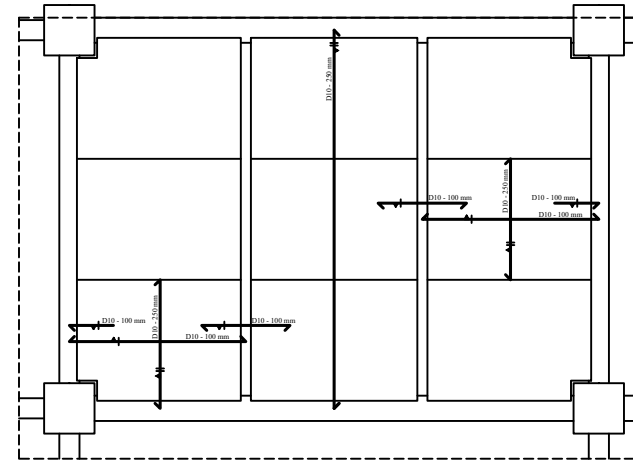
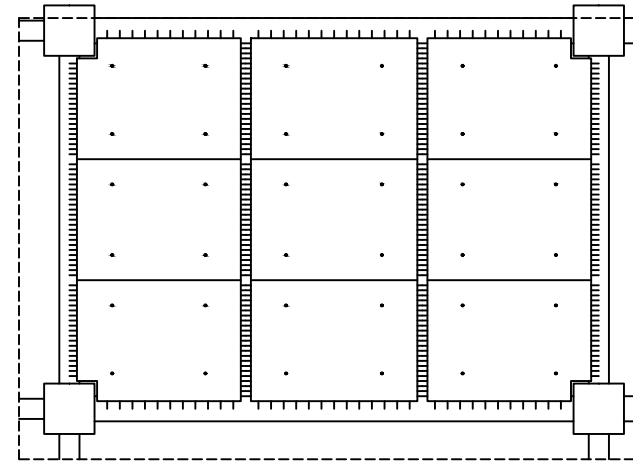
DETAIL PELAT

NO / TOTAL LEMBAR

14 / 44



DETAIL PELAT TIPE 8
SKALA 1:150



DETAIL PELAT TIPE 2.1
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

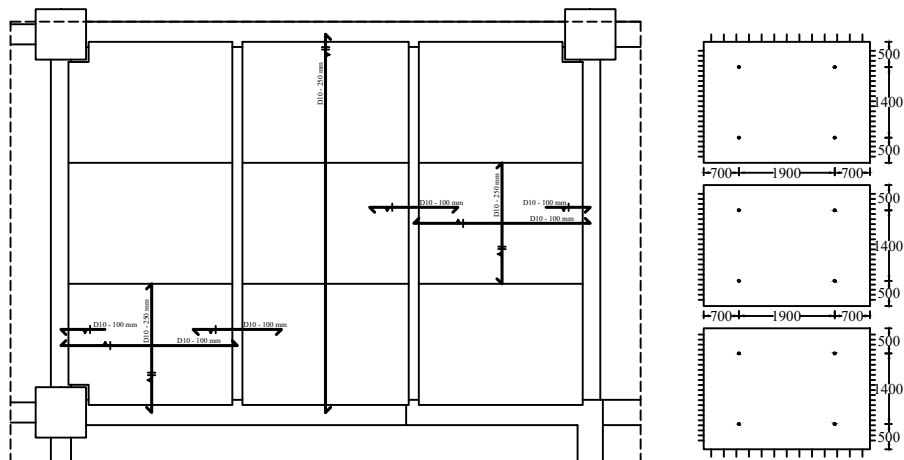
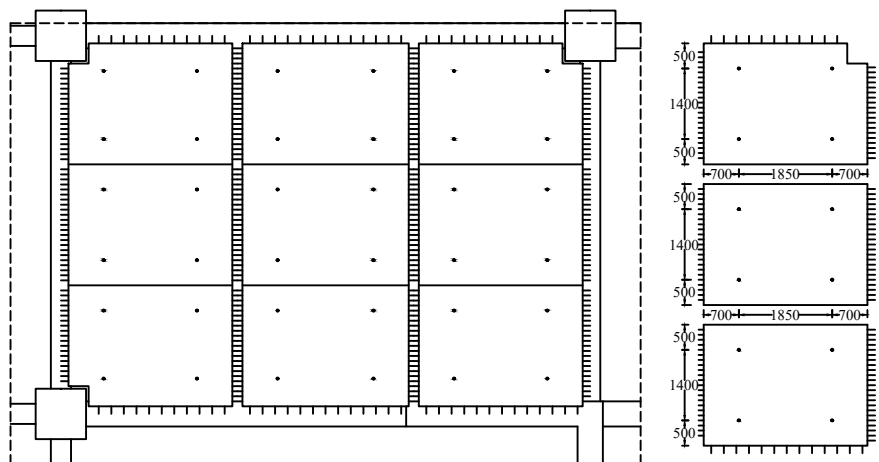
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

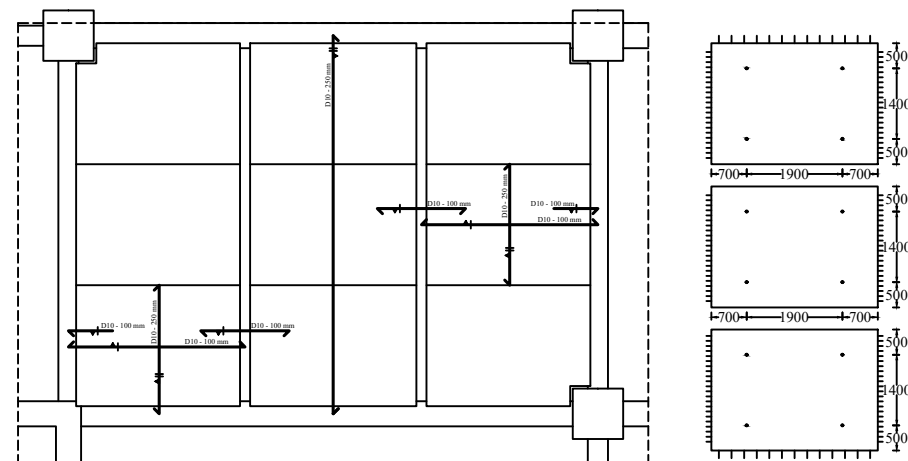
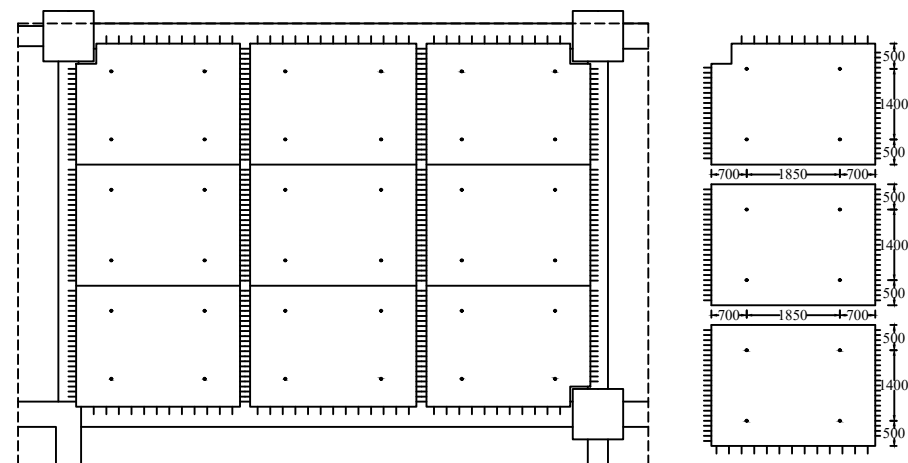
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL PELAT

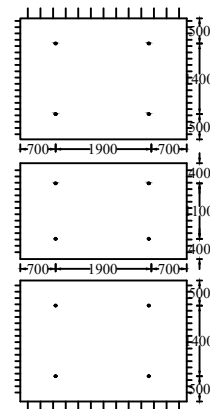
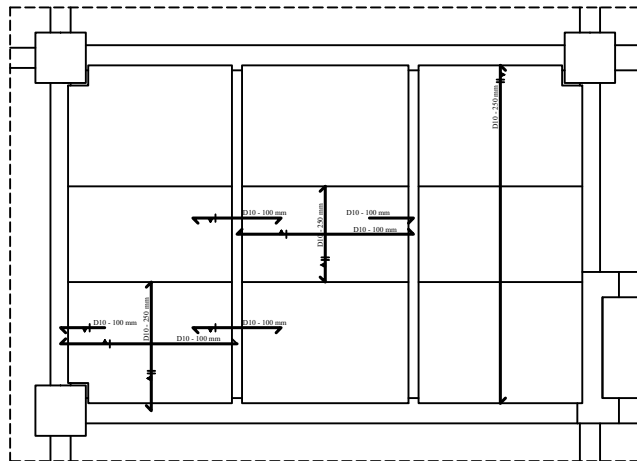
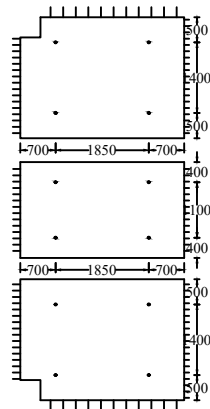
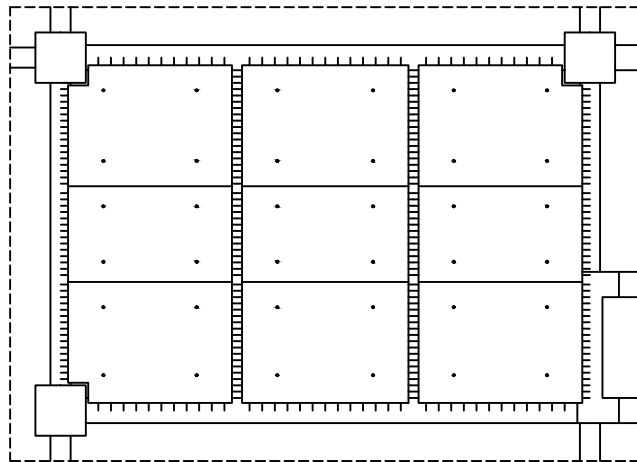
NO / TOTAL LEMBAR
15 / 44




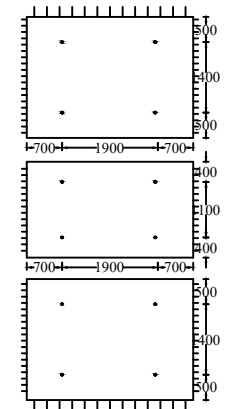
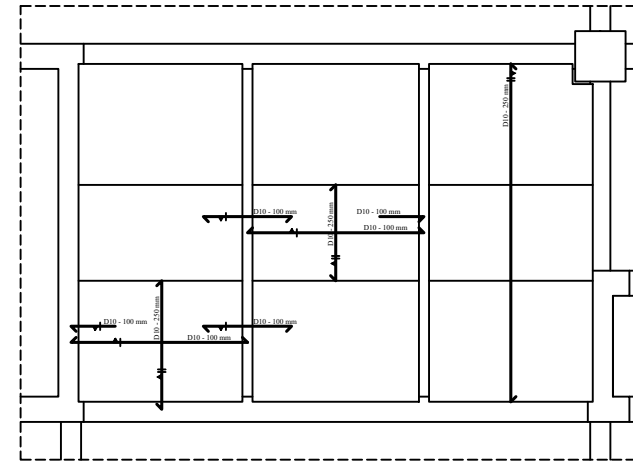
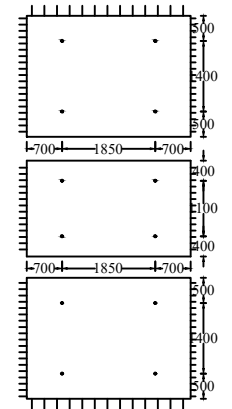
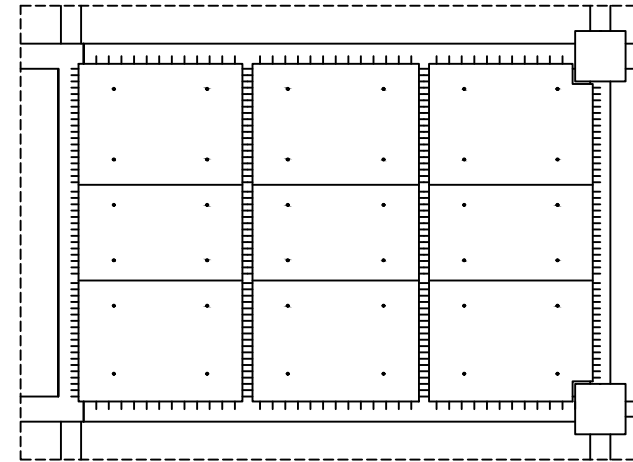
DETAIL PELAT TIPE 2.2
SKALA 1:150



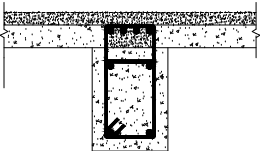
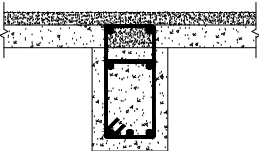
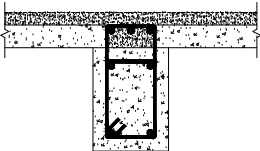
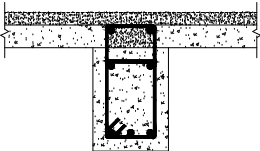
DETAIL PELAT TIPE 2.3
SKALA 1:150

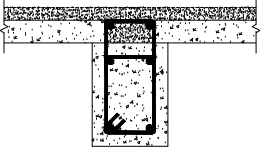
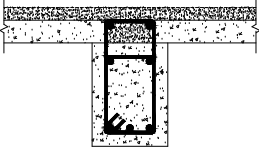
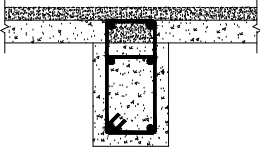
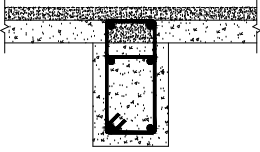


DETAIL PELAT TIPE 5.1
SKALA 1:150



DETAIL PELAT TIPE 5.2
SKALA 1:150

TIPE BALOK	BA1		BA2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	300 × 550 mm	300 × 550 mm	300 × 550 mm	300 × 550 mm
TULANGAN ATAS	4 D25	2 D25	3 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	3 D25	2 D25	3 D25
SENGKANG	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 150 mm

TIPE BALOK	BA3		BA4	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK				
DIMENSI	300 × 550 mm	300 × 550 mm	300 × 550 mm	300 × 550 mm
TULANGAN ATAS	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25
TULANGAN BAWAH	2 D25	3 D25	2 D25	2 D25
SENGKANG	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 150 mm	2 D10 - 200 mm	2 D10 - 200 mm


DETAIL BALOK ANAK
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

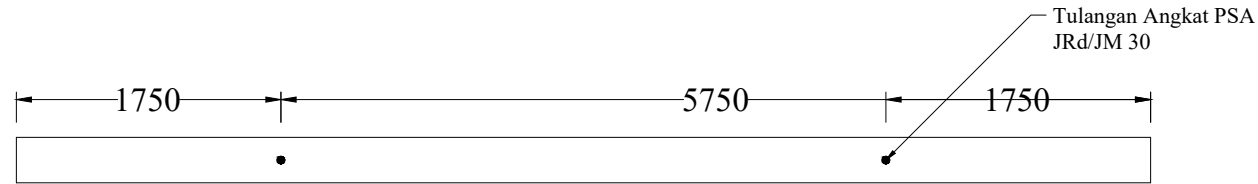
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

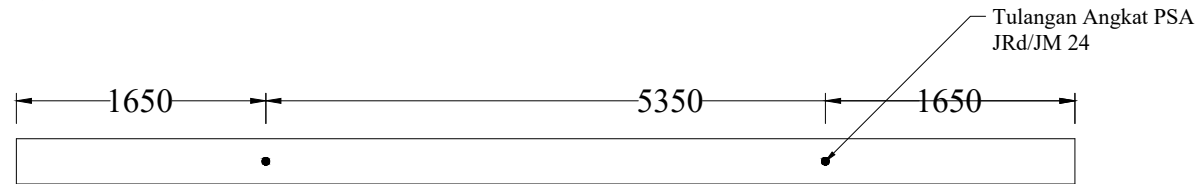
MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DETAIL BALOK
 ANAK

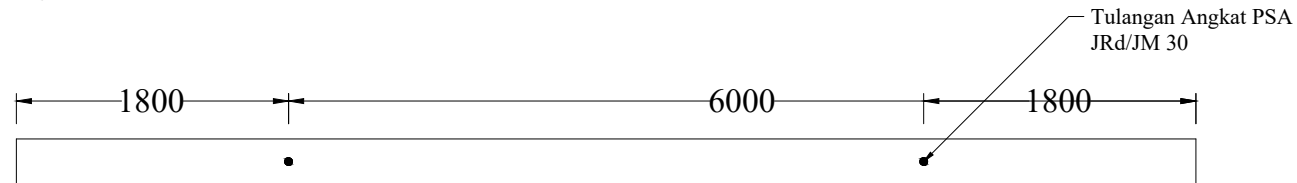
NO / TOTAL LEMBAR
 18 / 44



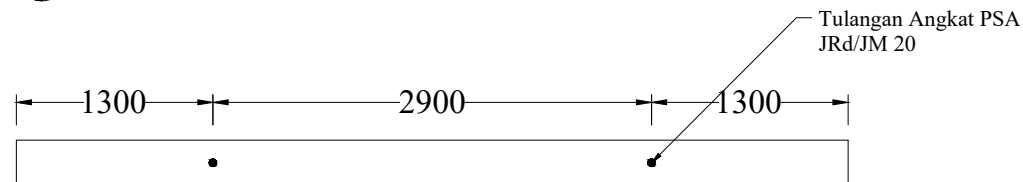
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA1
SKALA 1:50



DETAIL TULANGAN ANGKAT BA2
SKALA 1:50



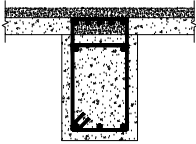
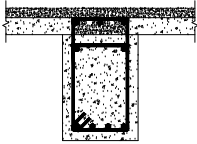
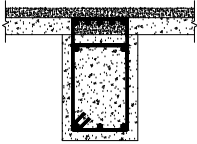
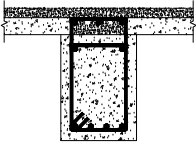
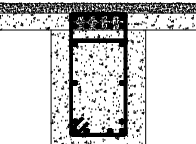
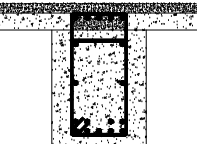
DETAIL TULANGAN ANGKAT BA3
SKALA 1:50

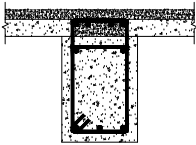
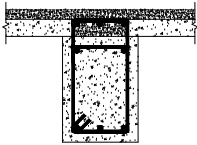
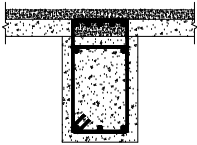
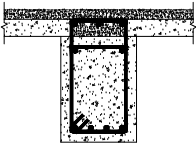
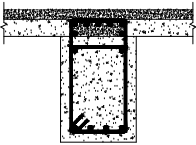
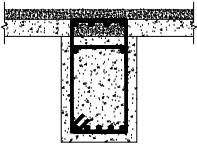



DETAIL TULANGAN ANGKAT BA4
SKALA 1:50



JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NO / TOTAL LEMBAR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN <i>DUAL SYSTEM</i> SESUAI ACI 318M-14	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.	Vinson Intar Zakaria (03111540000057)	DETAIL TULANGAN ANGKAT BALOK ANAK	19 / 44

TIPE BALOK	BI1		BI2		BI3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm	500 × 750 mm	500 × 750 mm
TULANGAN ATAS	5 D25	3 D25	5 D25	3 D25	10 D25	5 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	4 D25	4 D25
TULANGAN BAWAH	3 D25	4 D25	4 D25	2 D25	6 D25	9 D25
SENGKANG	2 D13 - 120 mm	2 D13 - 240 mm	2 D13 - 120 mm	2 D13 - 240 mm	2 D13 - 80 mm	2 D13 - 120 mm

TIPE BALOK	BI4		BI5		BI6	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL BALOK						
DIMENSI	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm	400 × 700 mm
TULANGAN ATAS	4 D25	3 D25	5 D25	3 D25	7 D25	4 D25
TULANGAN SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D25	2 D32
TULANGAN BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25	4 D25	4 D25	5 D25
SENGKANG	2 D13 - 120 mm	2 D13 - 240 mm	2 D13 - 120 mm	2 D13 - 240 mm	2 D13 - 80 mm	2 D13 - 120 mm


 DETAIL BALOK INDUK
 SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

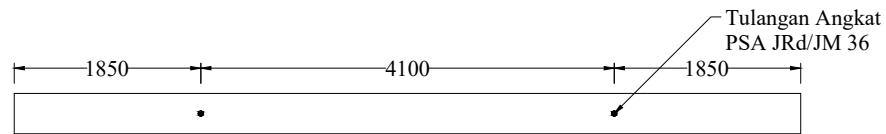
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

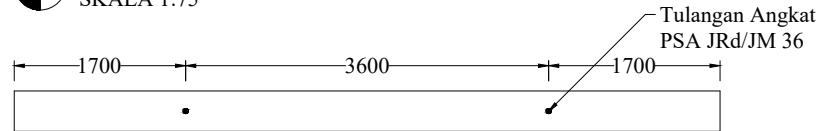
MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DETAIL BALOK
 INDUK

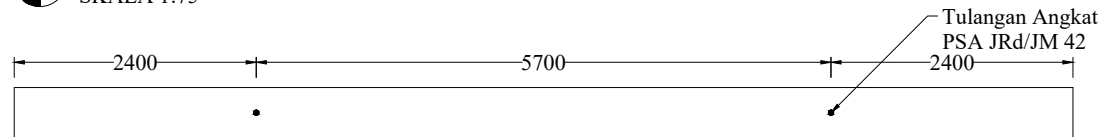
NO / TOTAL LEMBAR
 20 / 44



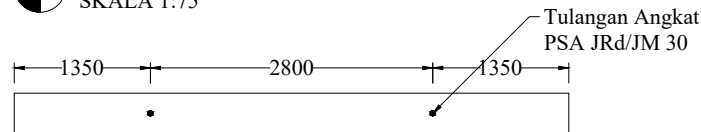
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI1
SKALA 1:75



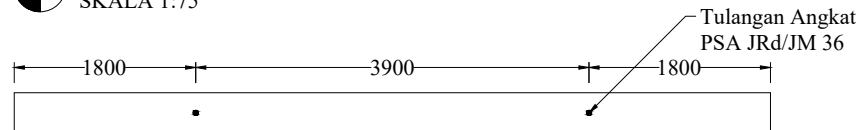
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI2
SKALA 1:75



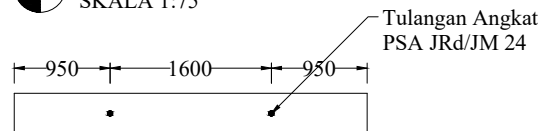
DETAIL TULANGAN ANGKAT BI3
SKALA 1:75



DETAIL TULANGAN ANGKAT BI4
SKALA 1:75

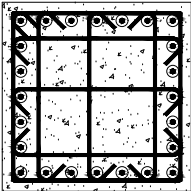
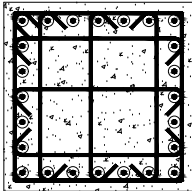
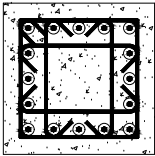
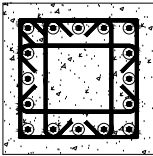
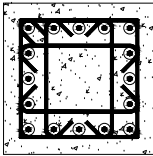
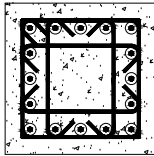


DETAIL TULANGAN ANGKAT BI5
SKALA 1:75



DETAIL TULANGAN ANGKAT BI6
SKALA 1:75



TIPE KOLOM POSISI	K1		K2		K3	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL KOLOM						
DIMENSI	1000 × 1000 mm	1000 × 1000 mm	800 × 800 mm	800 × 800 mm	800 × 800 mm	800 × 800 mm
TULANGAN	24 D25	24 D25	16 D25	16 D25	16 D25	16 D25
SENGKANG	5 D16 - 100 mm	5 D16 - 150 mm	4 D16 - 100 mm	4 D16 - 150 mm	4 D16 - 100 mm	4 D16 - 150 mm


DETAIL KOLOM
 SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI
 SEPULUH NOPEMBER
 FTSLK
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

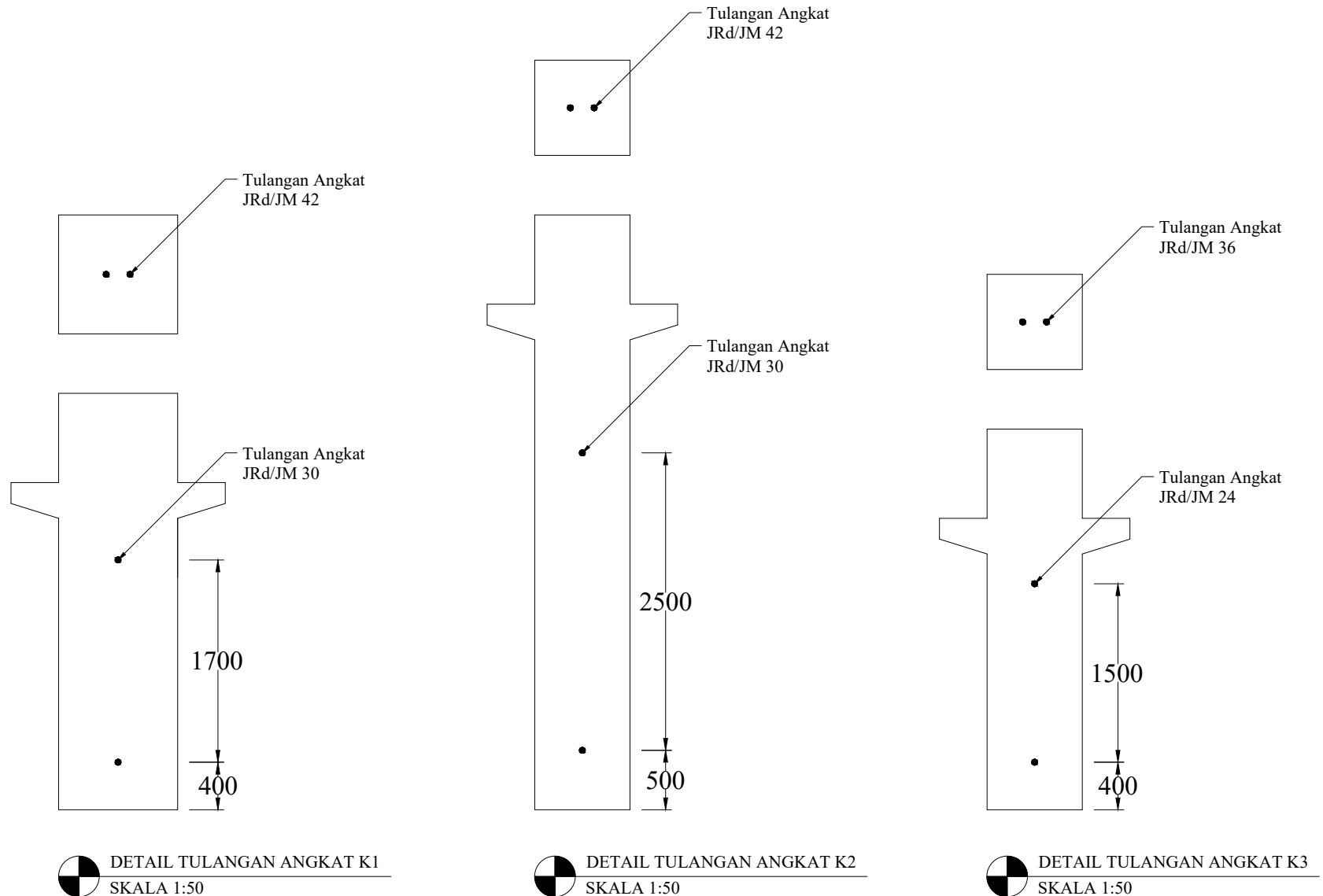
JUDUL TUGAS AKHIR
 DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
 TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
 MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
 DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

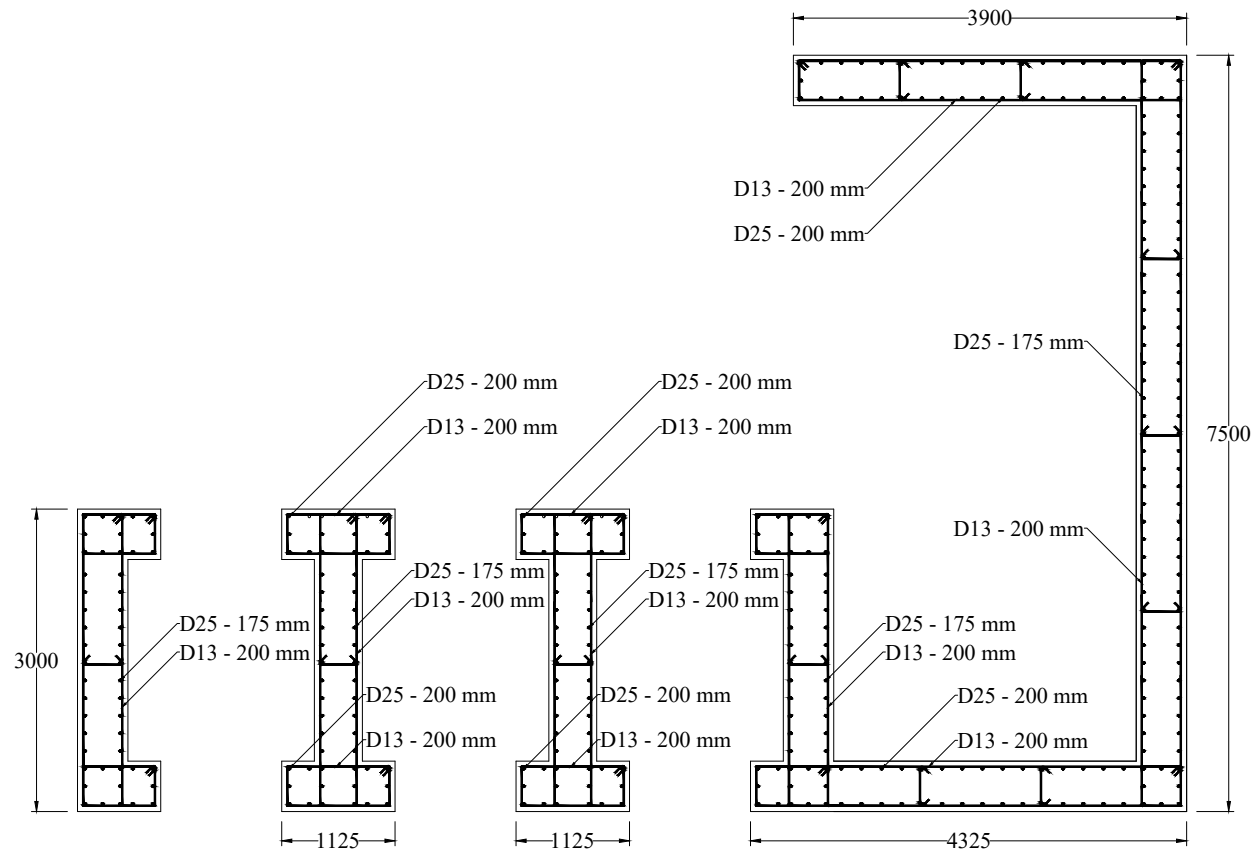
DOSEN PEMBIMBING
 Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
 Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
 Vinson Intar Zakaria
 (03111540000057)

JUDUL GAMBAR
 DETAIL KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR
 22 / 44





DETAIL *SHEAR WALL*
SKALA 1:40



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

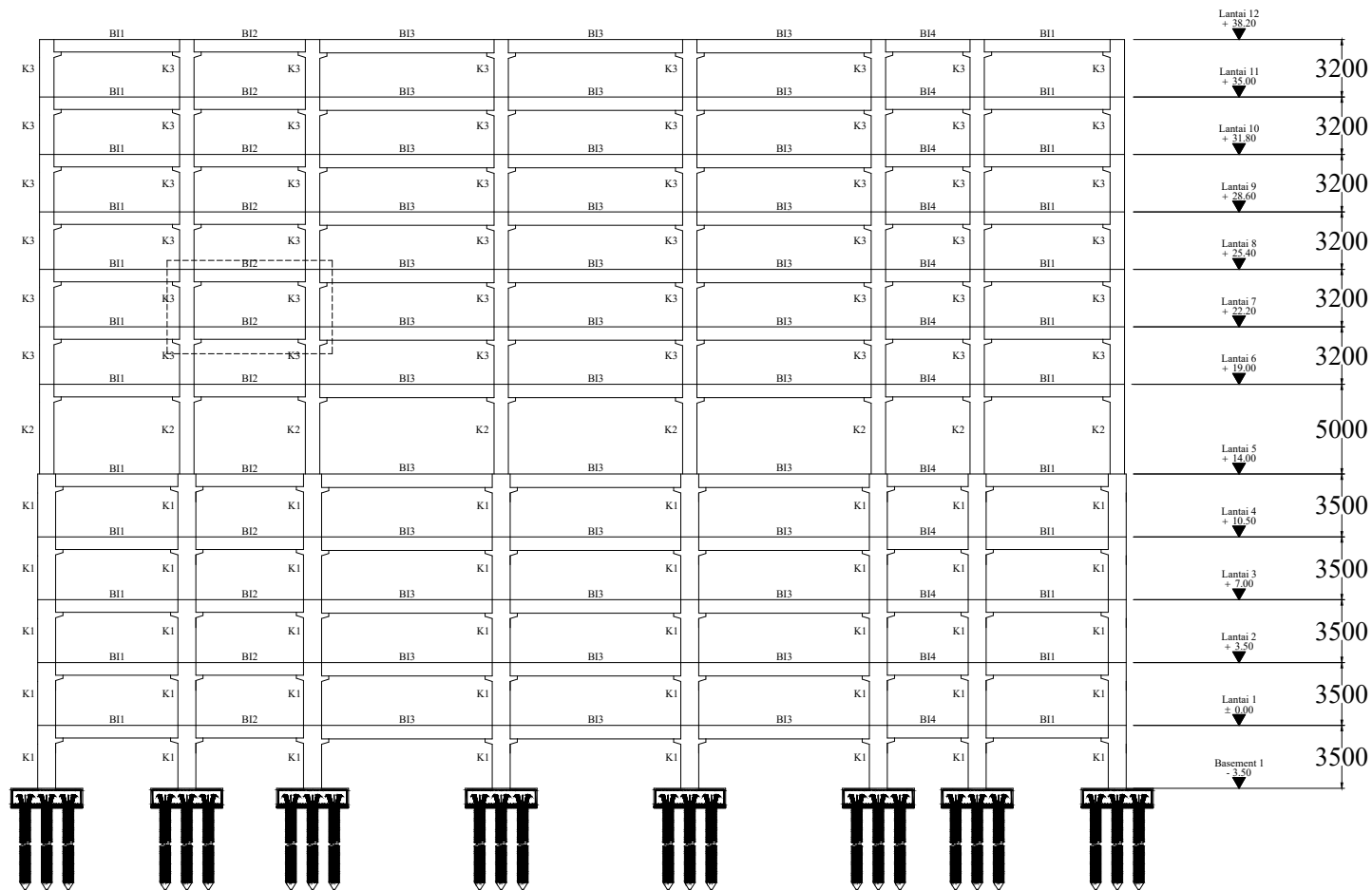
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL
SHEAR WALL

NO / TOTAL LEMBAR
24 / 44



POTONGAN MEMANJANG
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

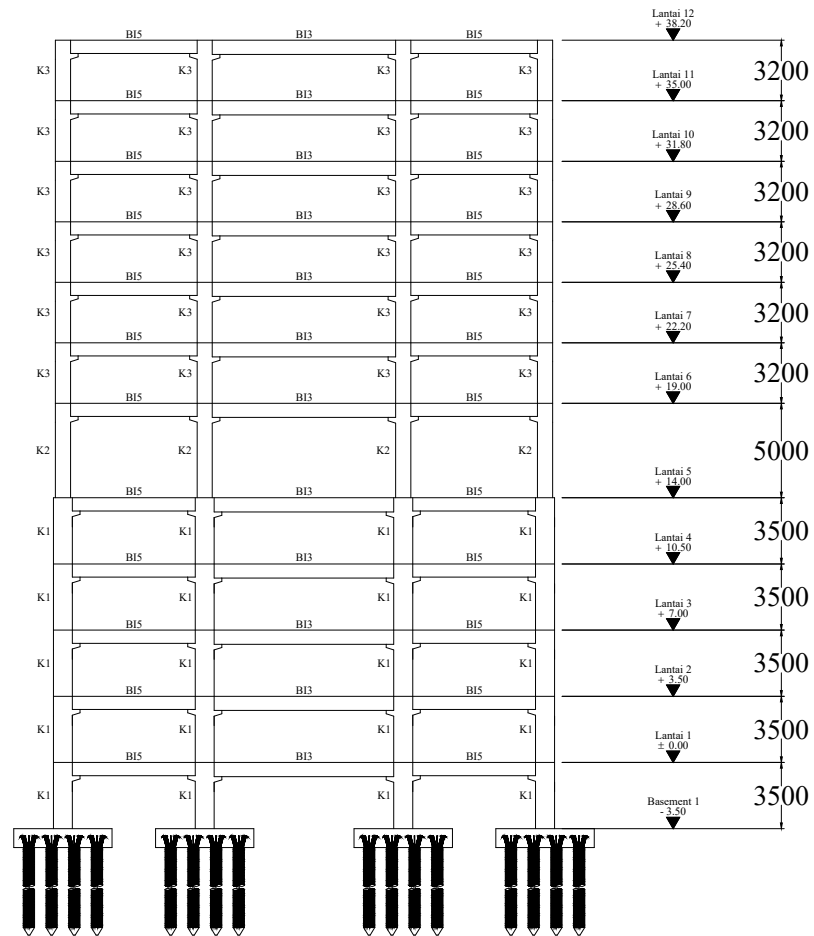
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
POTONGAN
MEMANJANG

NO / TOTAL LEMBAR
25 / 44



POTONGAN MELINTANG
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

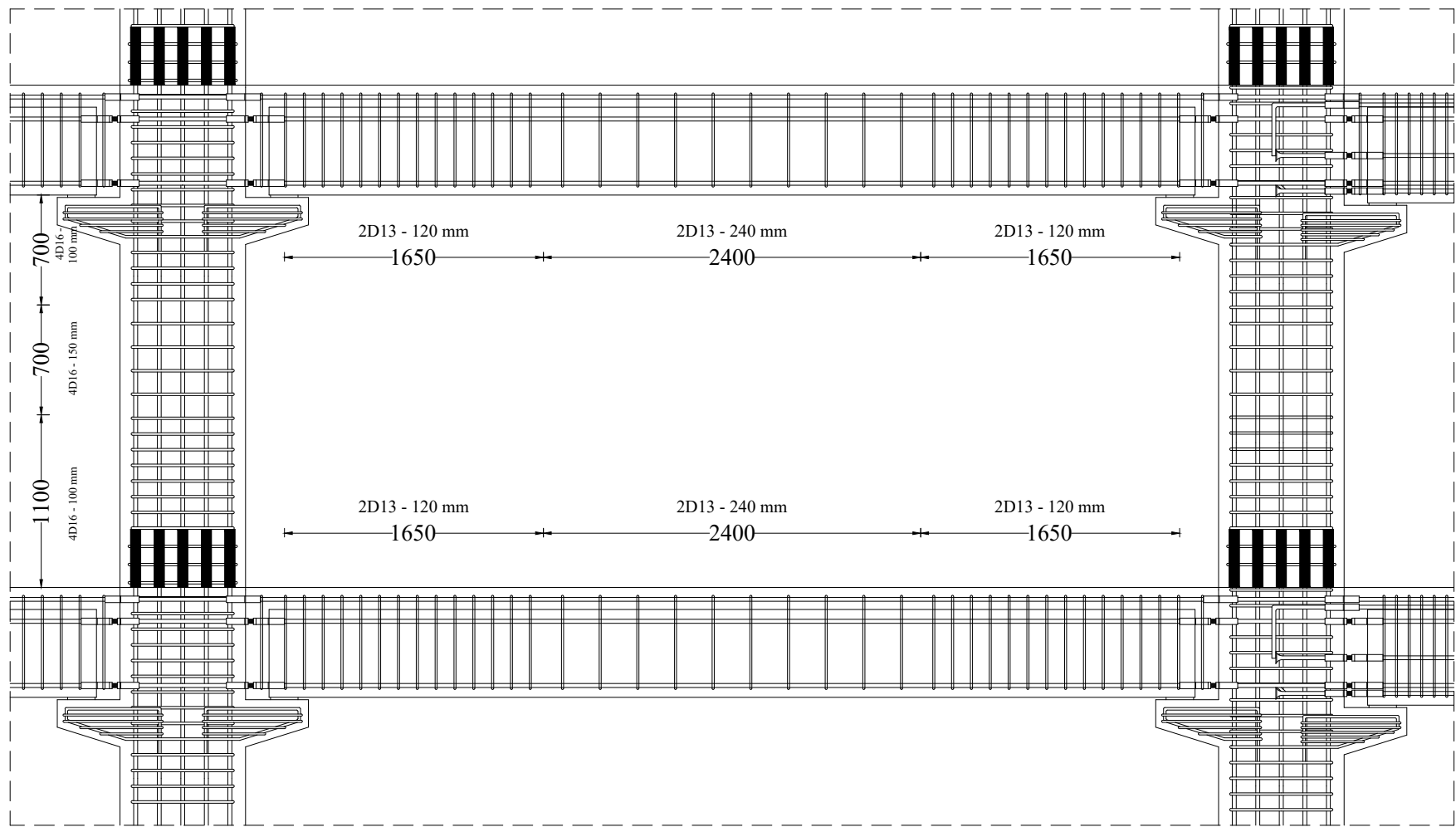
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
POTONGAN
MELINTANG

NO / TOTAL LEMBAR
26/ 44

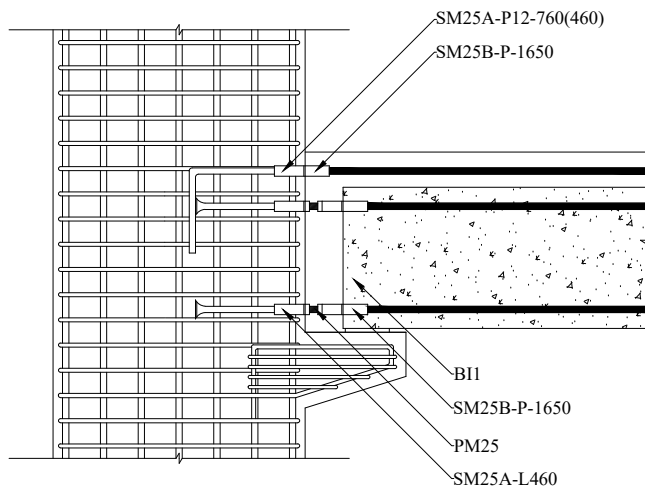



POTONGAN A-A
SKALA 1:40

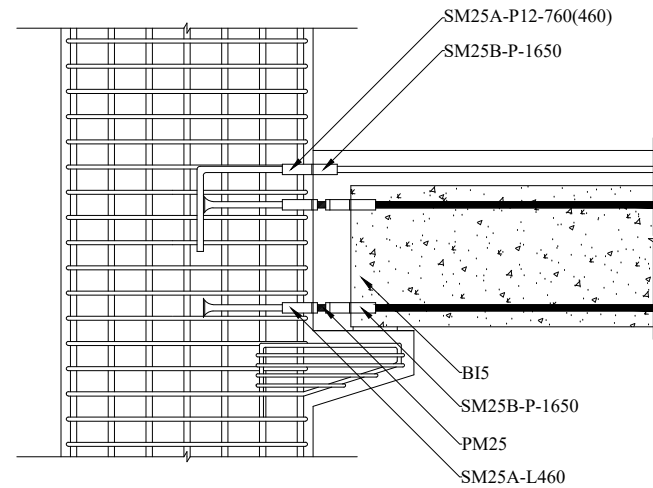



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

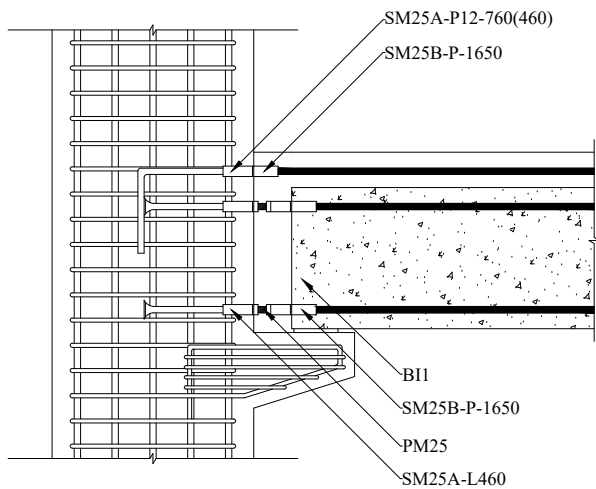
JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	NO / TOTAL LEMBAR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK DAN <i>DUAL SYSTEM</i> SESUAI ACI 318M-14	Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D. Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.	Vinson Intar Zakaria (03111540000057)	POTONGAN A-A	27 / 44



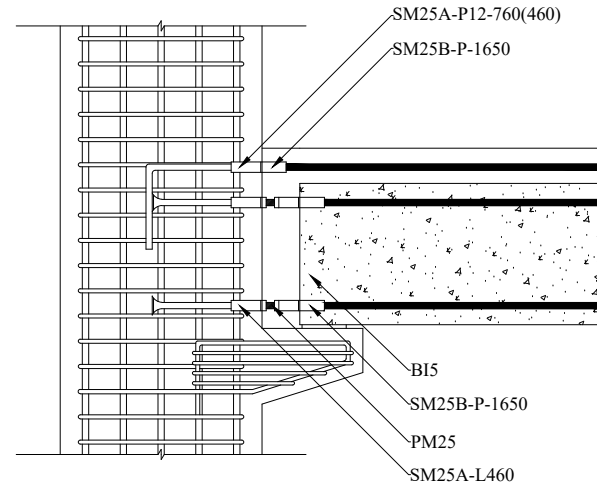
 **SAMBUNGAN BI1 - K1**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI5 - K1**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI1 - K2,K3**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI5 - K2,K3**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

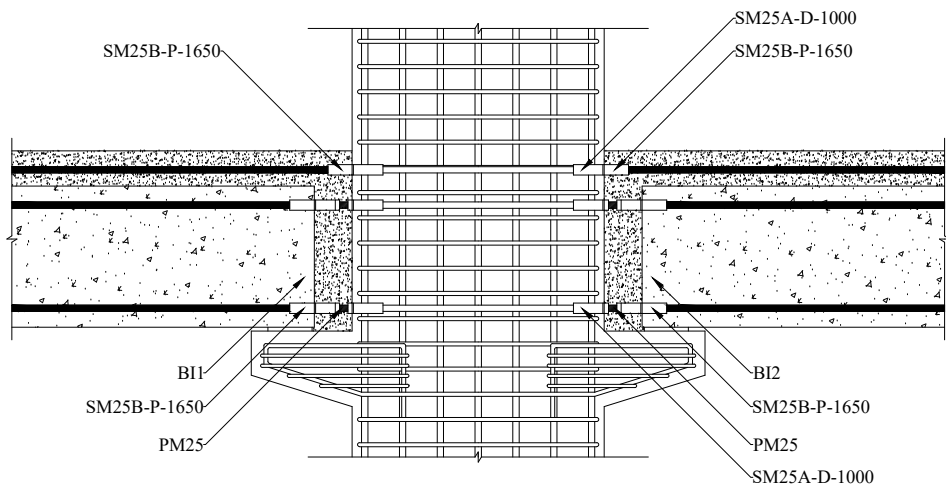
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

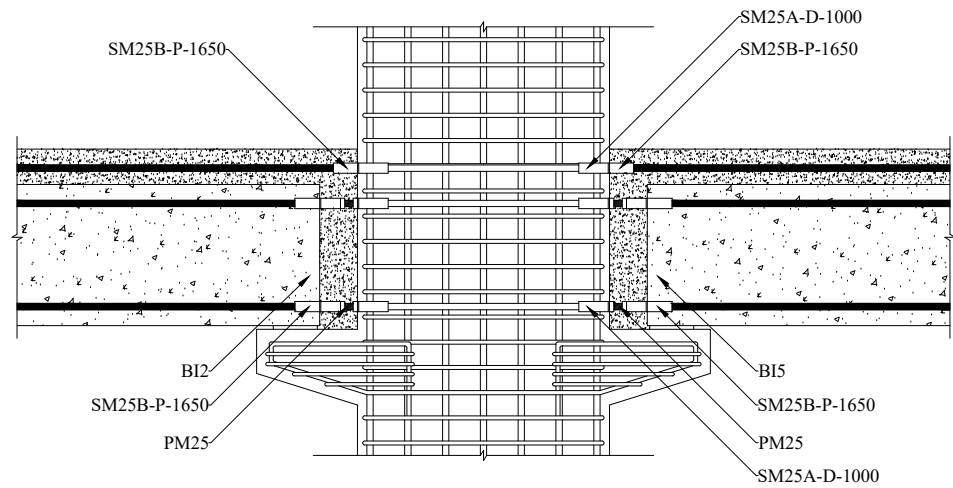
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

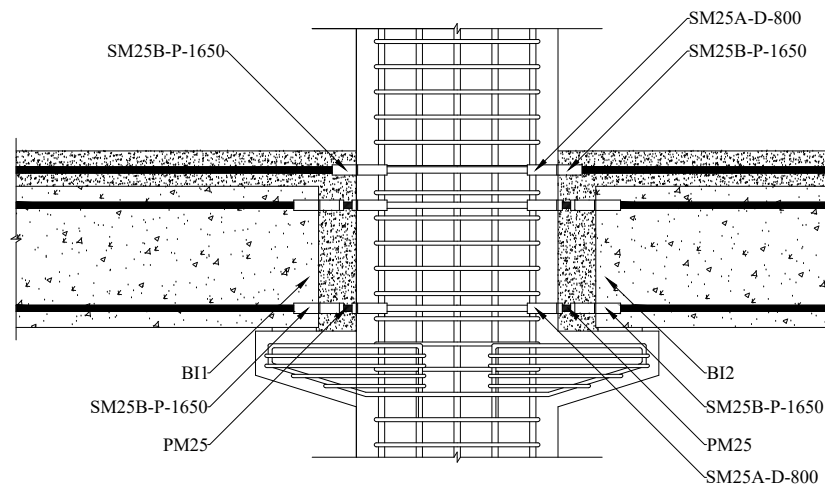
NO / TOTAL LEMBAR
28 / 44




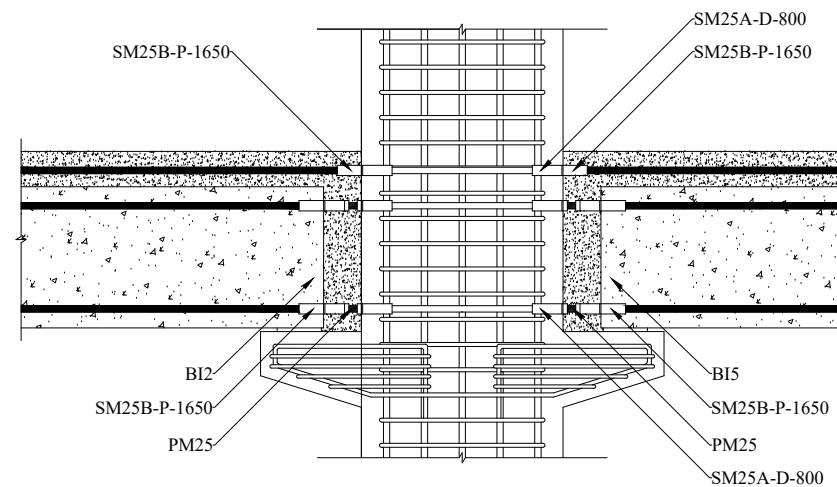
 **SAMBUNGAN BI1 - K1 - BI2**
SKALA 1:30




 **SAMBUNGAN BI2 - K1 - BI5**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI1 - K2,K3 - BI2**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI2 - K2,K3 - BI5**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

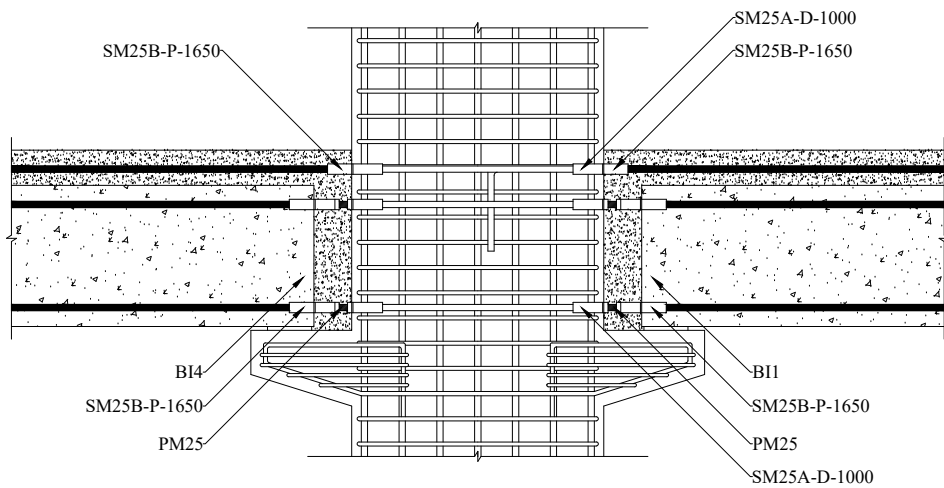
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

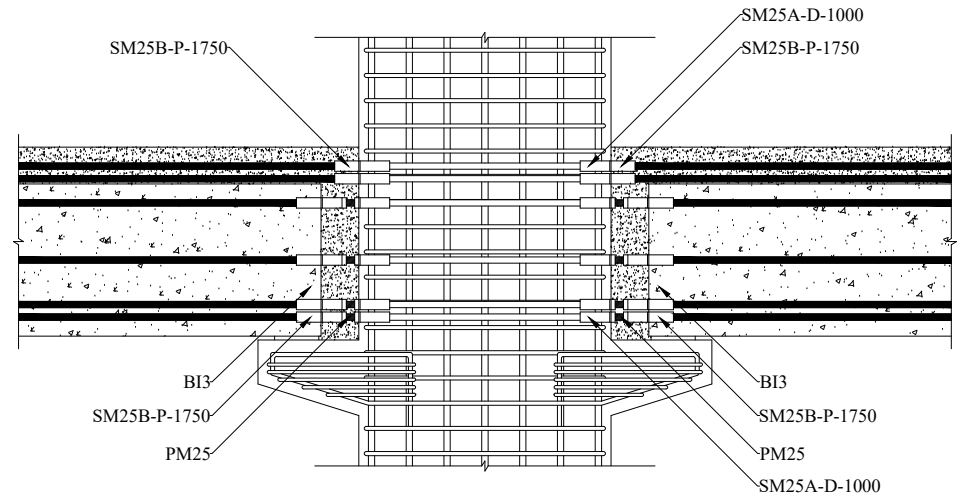
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

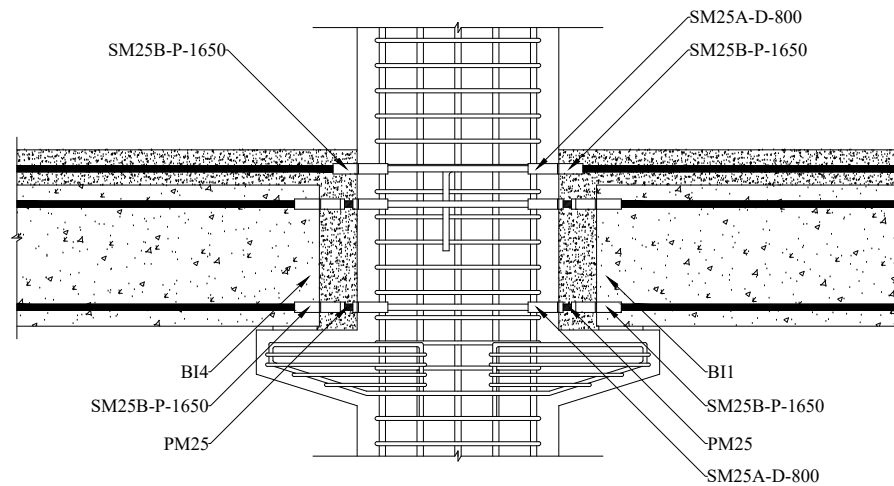
NO / TOTAL LEMBAR
29 / 44




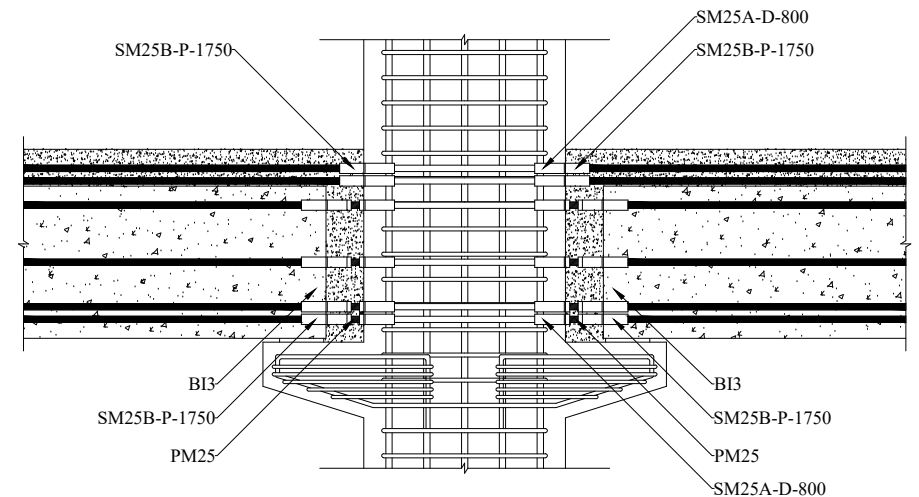
 **SAMBUNGAN BI4 - K1 - BI1**
SKALA 1:30




 **SAMBUNGAN BI3 - K1 - BI3**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI4 - K2,K3 - BI1**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI3 - K2,K3 - BI3**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

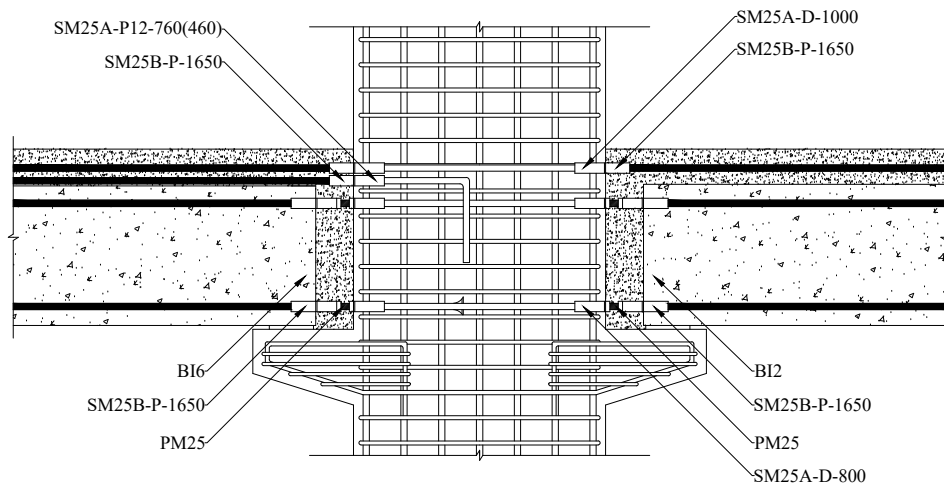
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

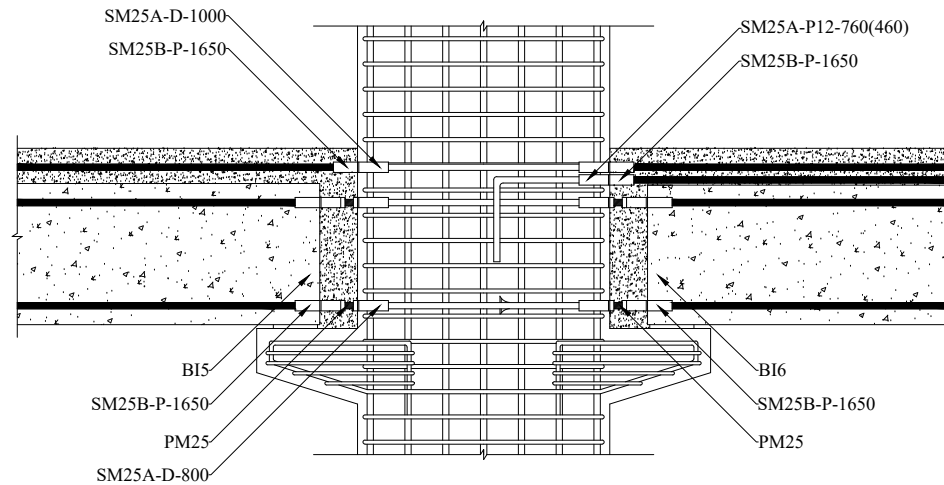
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

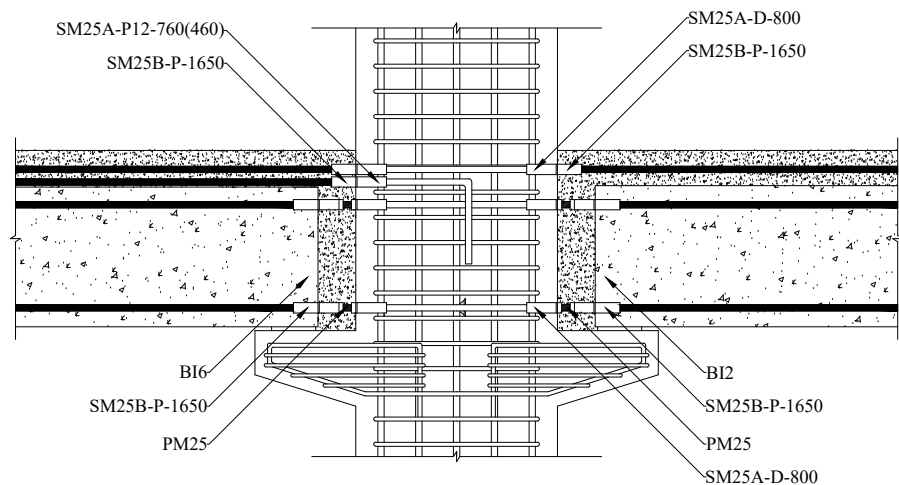
NO / TOTAL LEMBAR
30 / 44




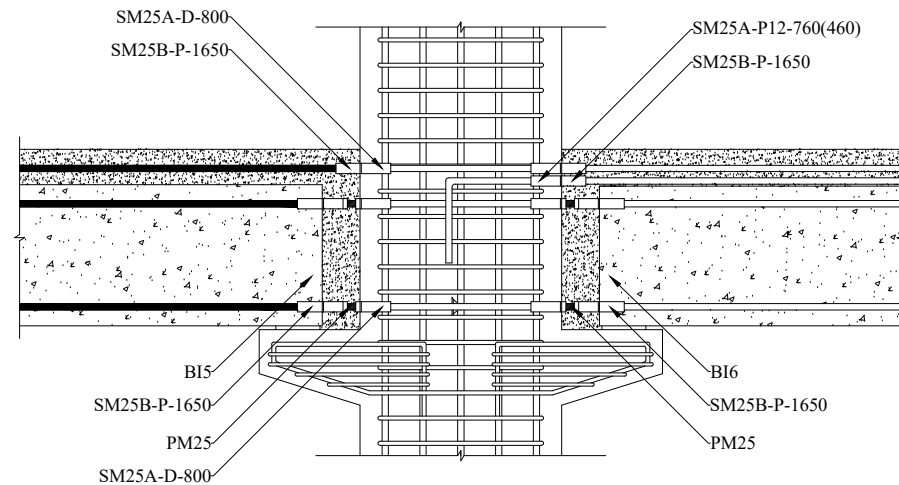
 **SAMBUNGAN BI6 - K1 - BI2**
SKALA 1:30




 **SAMBUNGAN BI5 - K1 - BI6**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI6 - K2,K3 - BI2**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI5 - K2,K3 - BI6**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

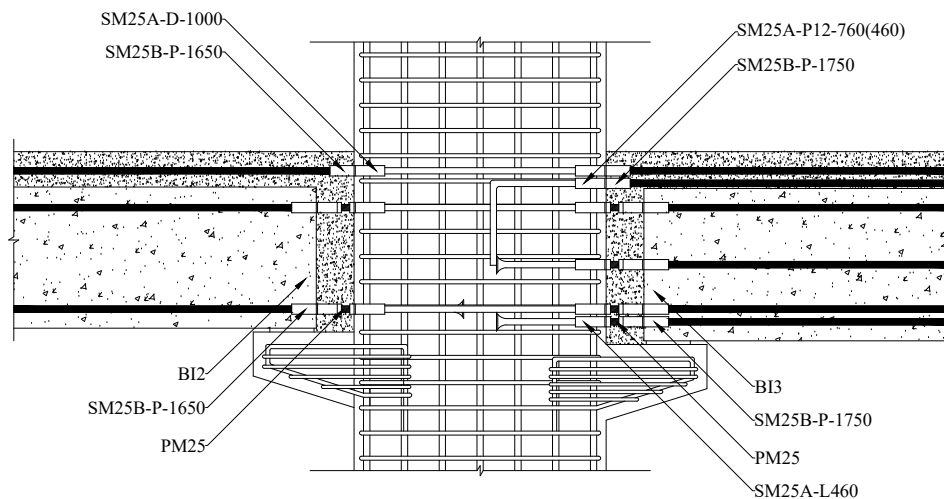
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

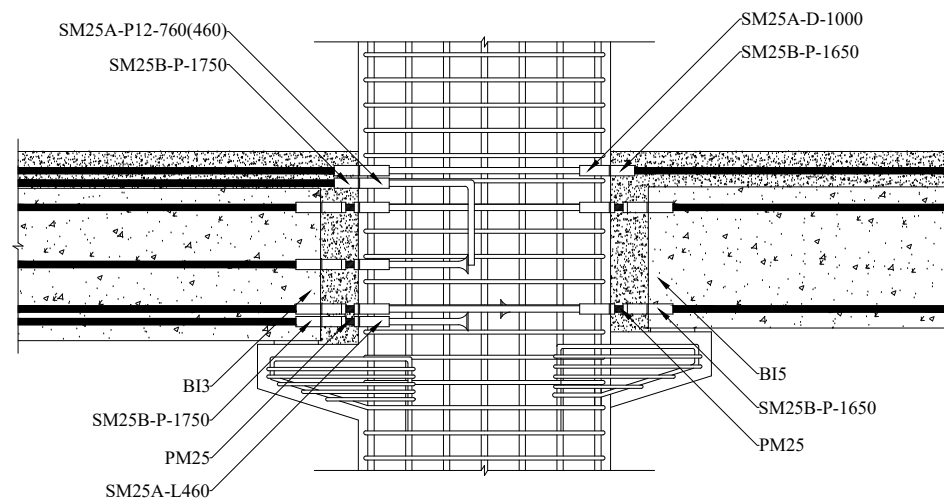
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

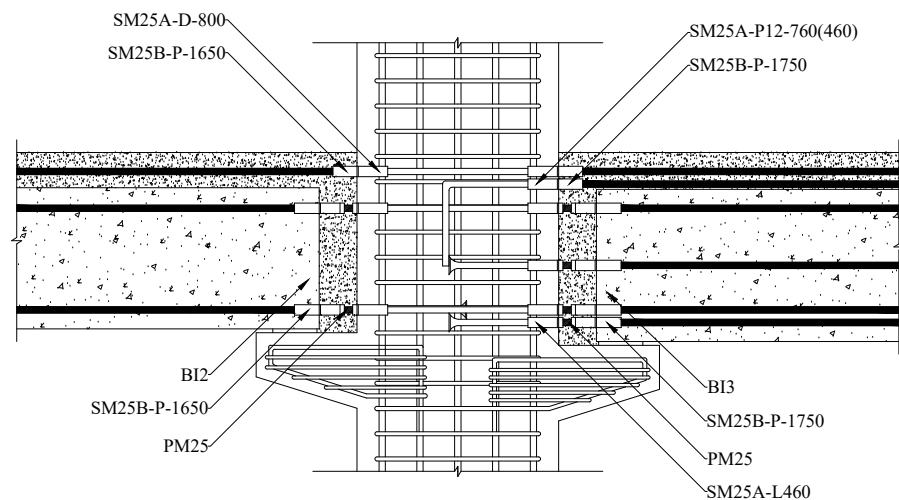
NO / TOTAL LEMBAR
31 / 44




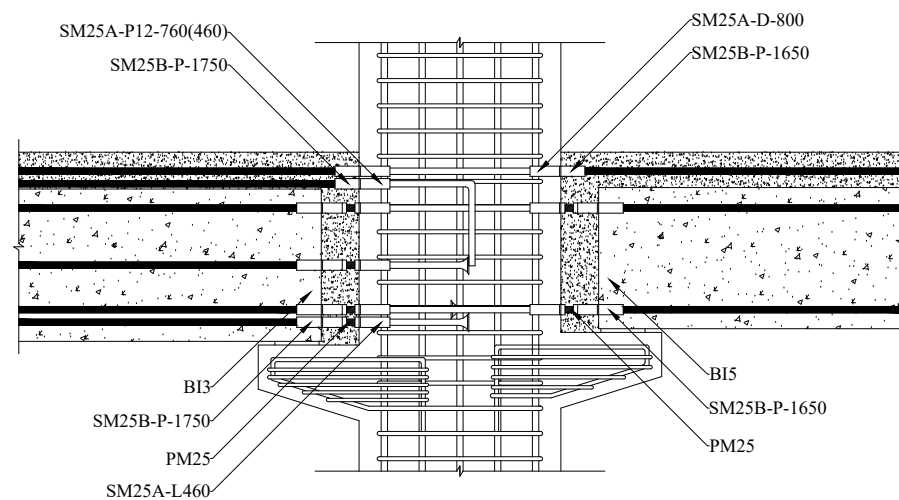
 **SAMBUNGAN BI2 - K1 - BI3**
SKALA 1:30




 **SAMBUNGAN BI3 - K1 - BI5**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI2 - K2,K3 - BI3**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI3 - K2,K3 - BI5**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

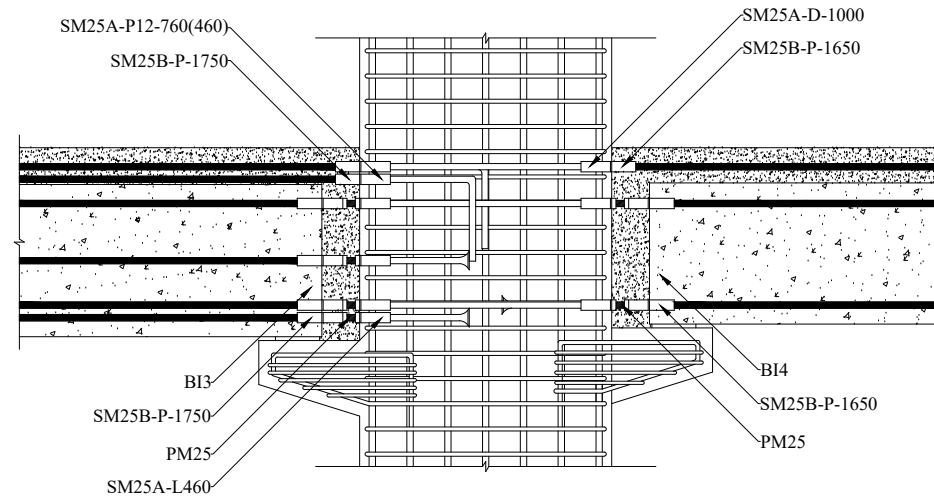
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

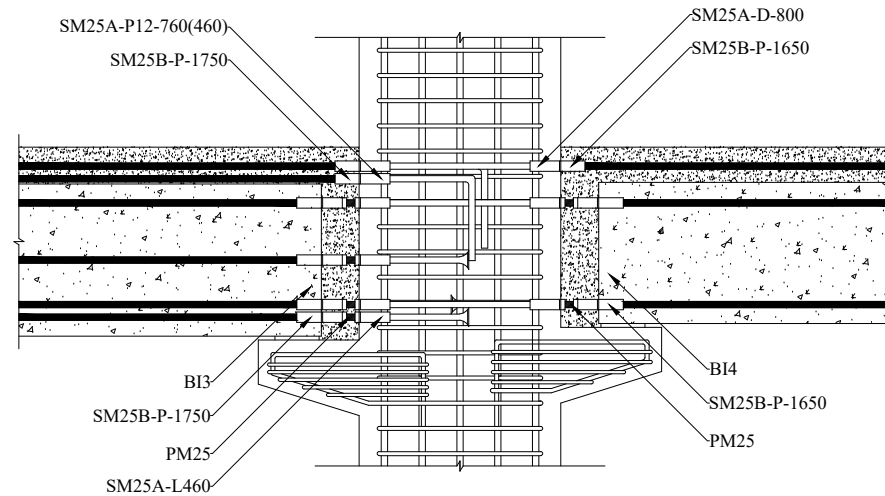
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR
32 / 44



 **SAMBUNGAN BI3 - K1 - BI4**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BI3 - K2,K3 - BI4**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

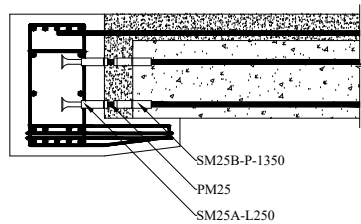
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavier, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

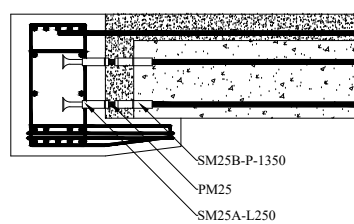
MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)


JUDUL GAMBAR
SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

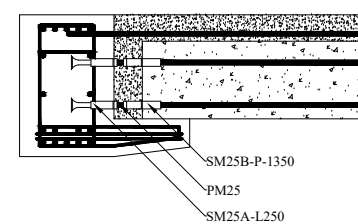
NO / TOTAL LEMBAR
33 / 44




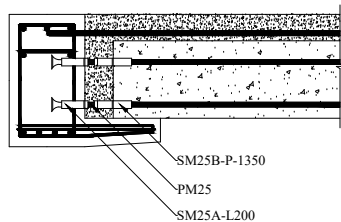
 **SAMBUNGAN BI3 - BA1**
SKALA 1:40




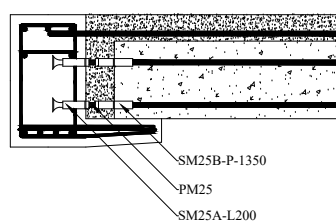
 **SAMBUNGAN BI3 - BA2**
SKALA 1:40




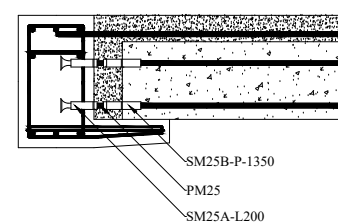
 **SAMBUNGAN BI3 - BA3**
SKALA 1:40




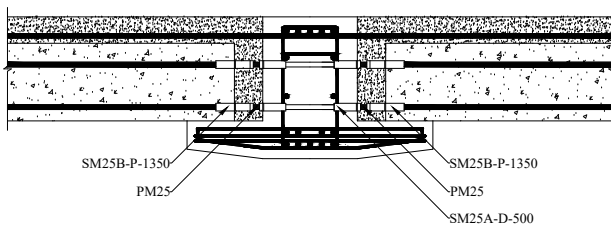
 **SAMBUNGAN BI1 - BA1**
SKALA 1:40




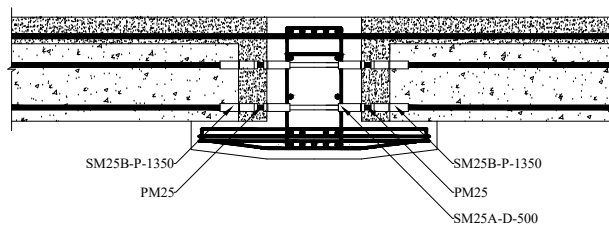
 **SAMBUNGAN BI2 - BA1**
SKALA 1:40




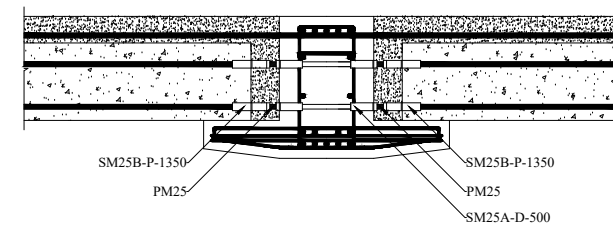
 **SAMBUNGAN BI4 - BA1**
SKALA 1:40




 **SAMBUNGAN BA2 - BI3 - BA1**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BA3 - BI3 - BA2**
SKALA 1:30



 **SAMBUNGAN BA4 - BI3 - BA3**
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA

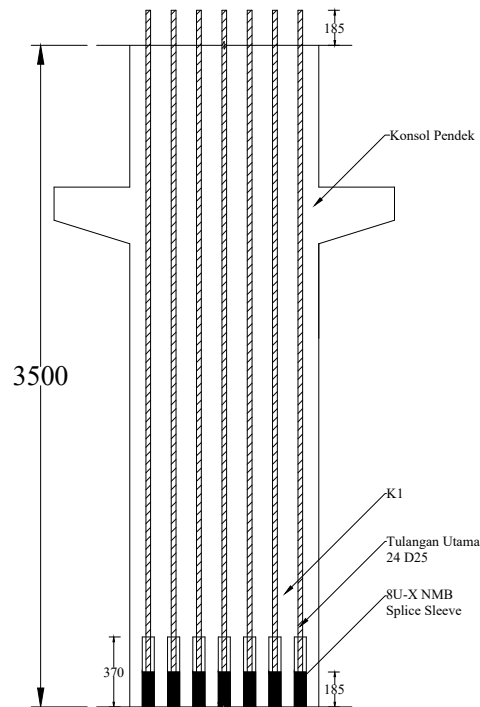
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR

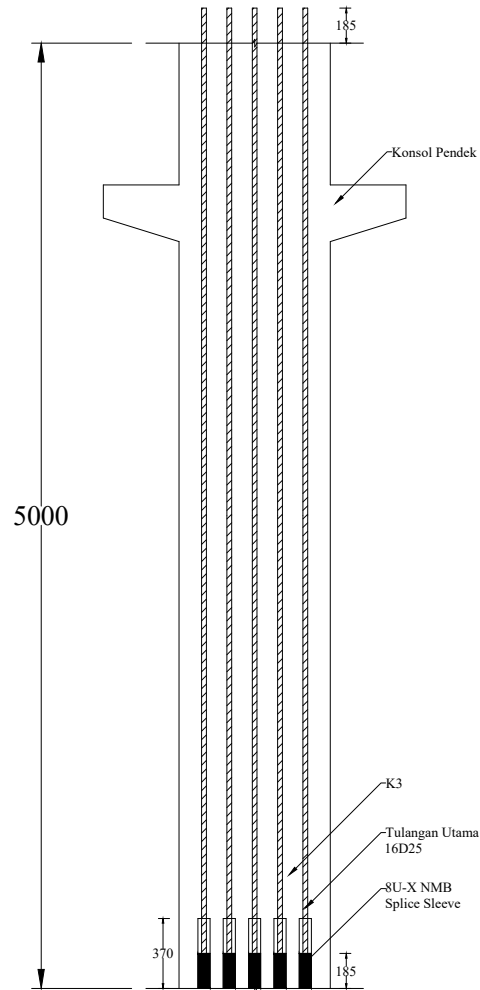
SAMBUNGAN
BALOK INDUK
- BALOK ANAK

NO / TOTAL LEMBAR

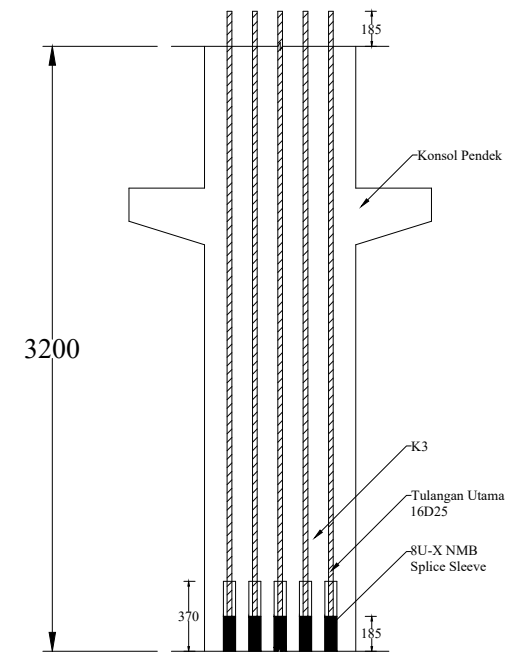
34 / 44



POTONGAN K1-K1
SKALA 1:40

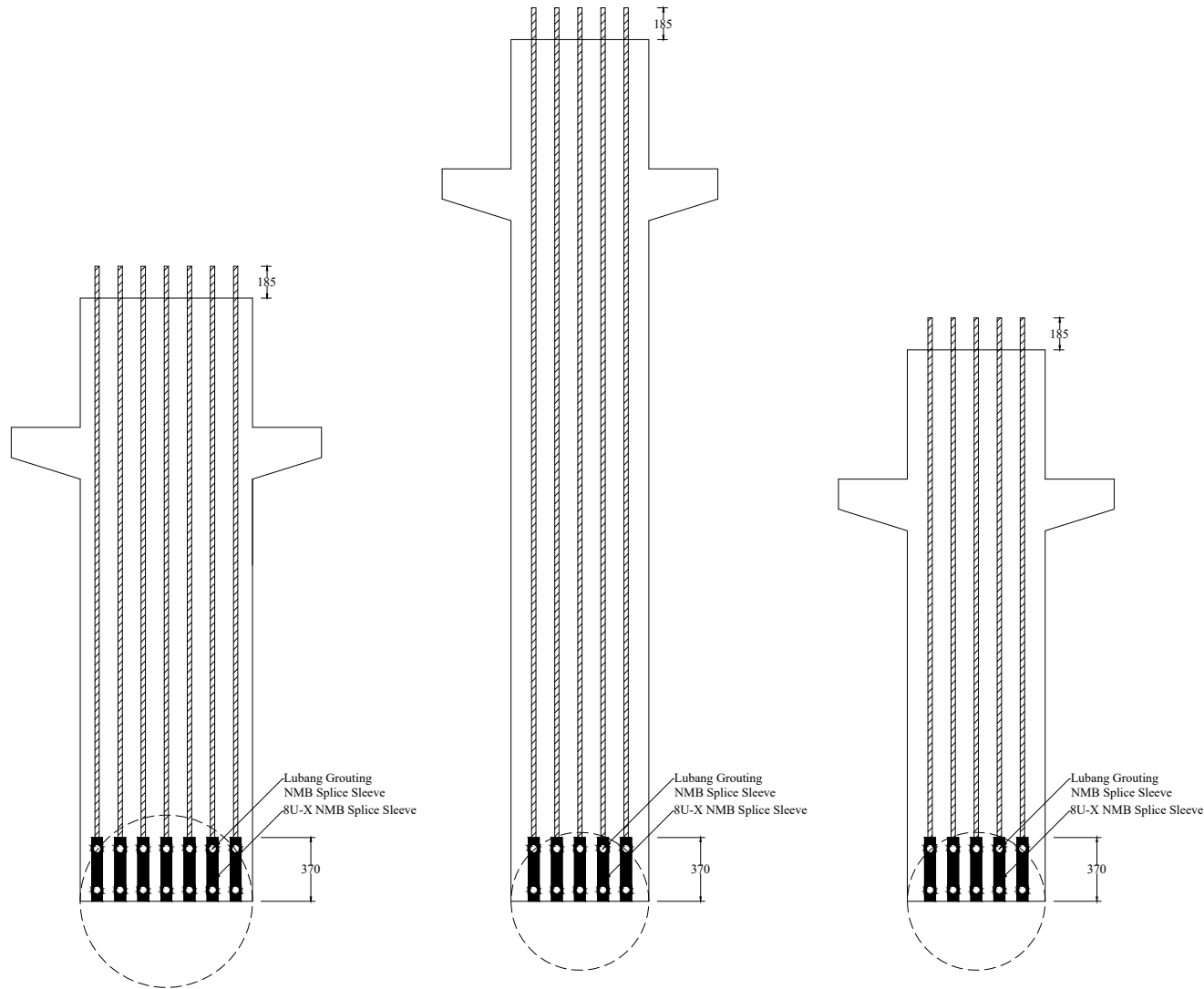



POTONGAN K2-K2
SKALA 1:40

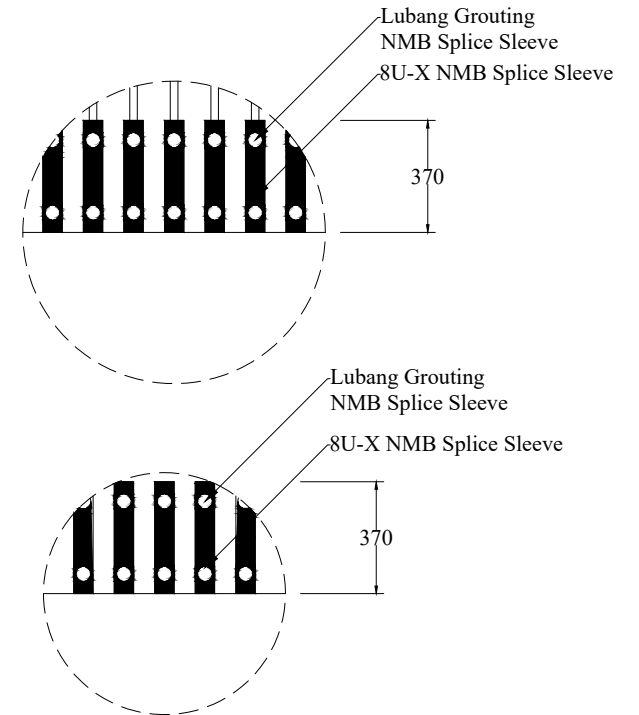



POTONGAN K3-K3
SKALA 1:40





 LUBANG GROUTING K1, K2, K3
SKALA 1:40



 DETAIL LUBANG GROUTING
SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

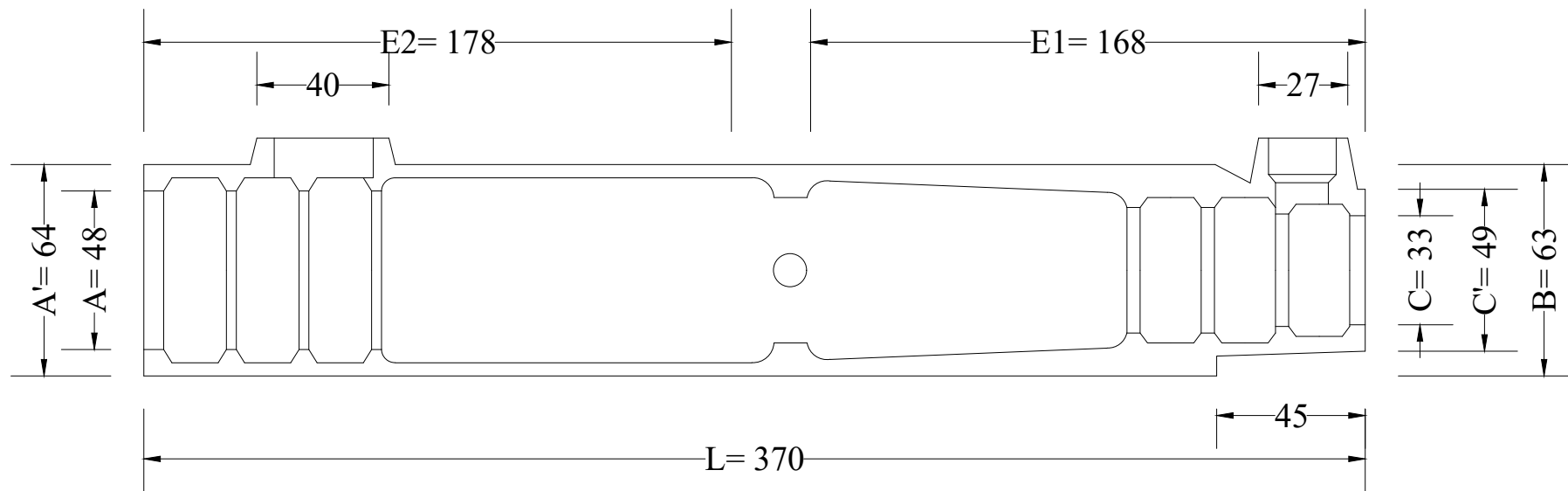
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
LUBANG
GROUTING
KOLOM

NO / TOTAL LEMBAR
36 / 44



DETAIL NMB SPLICE SLEEVE
SKALA 1:2



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

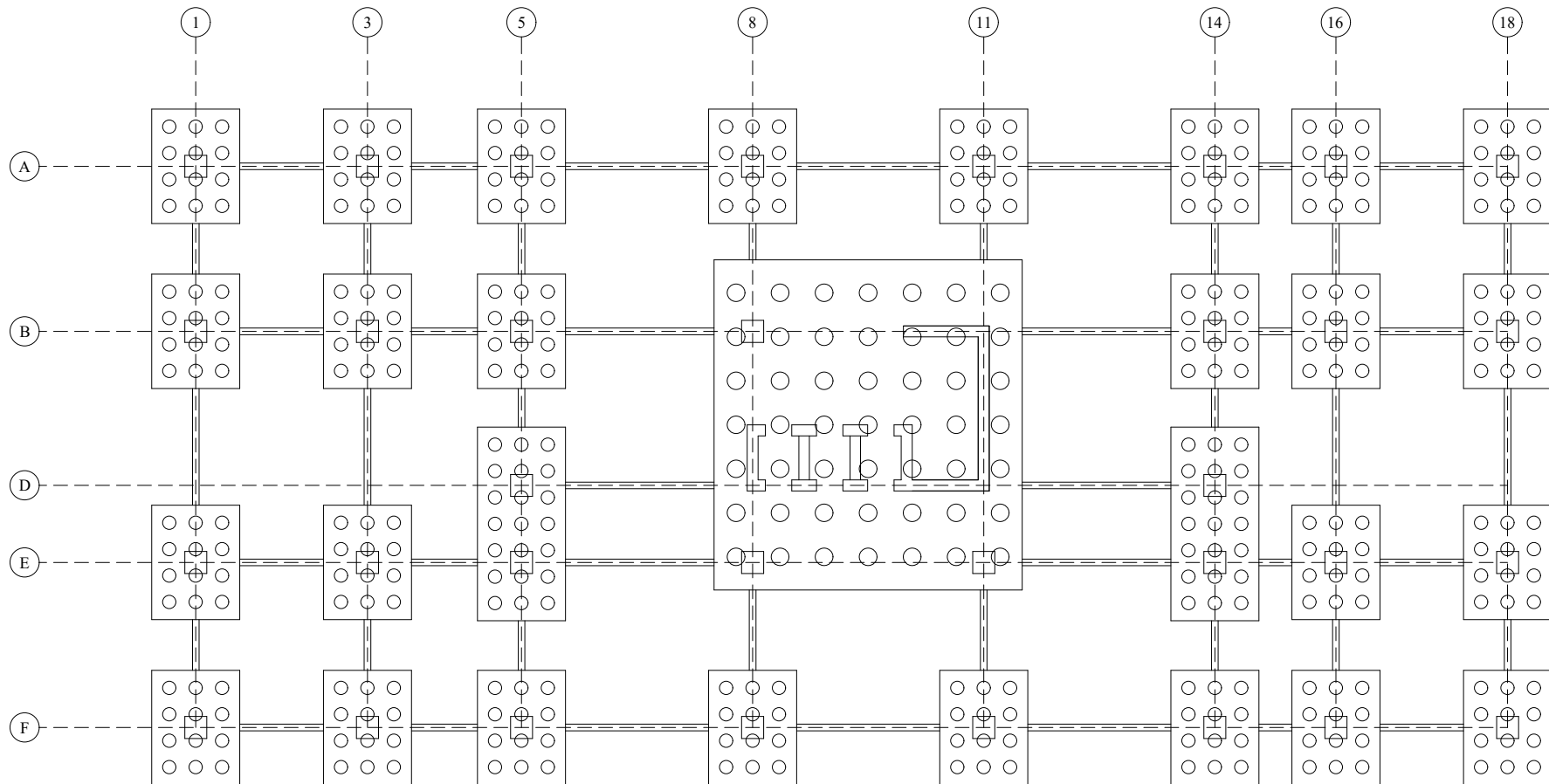
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14


DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL NMB
SPLICE SLEEVE

NO / TOTAL LEMBAR
37 / 44



 **DENAH PONDASI**
SKALA 1:300



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

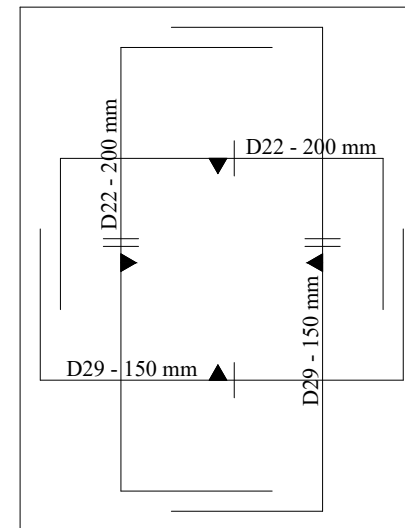
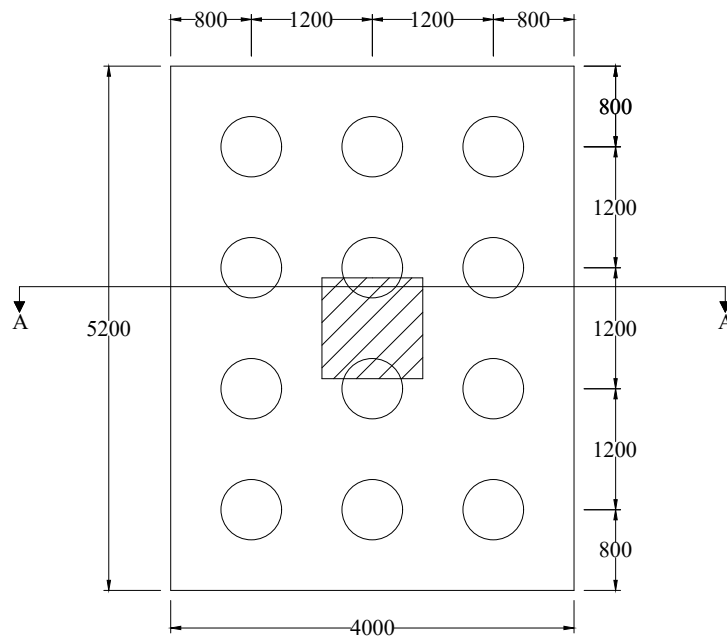
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
DENAH
PONDASI

NO / TOTAL LEMBAR
38 / 44



POER TIPE 1
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

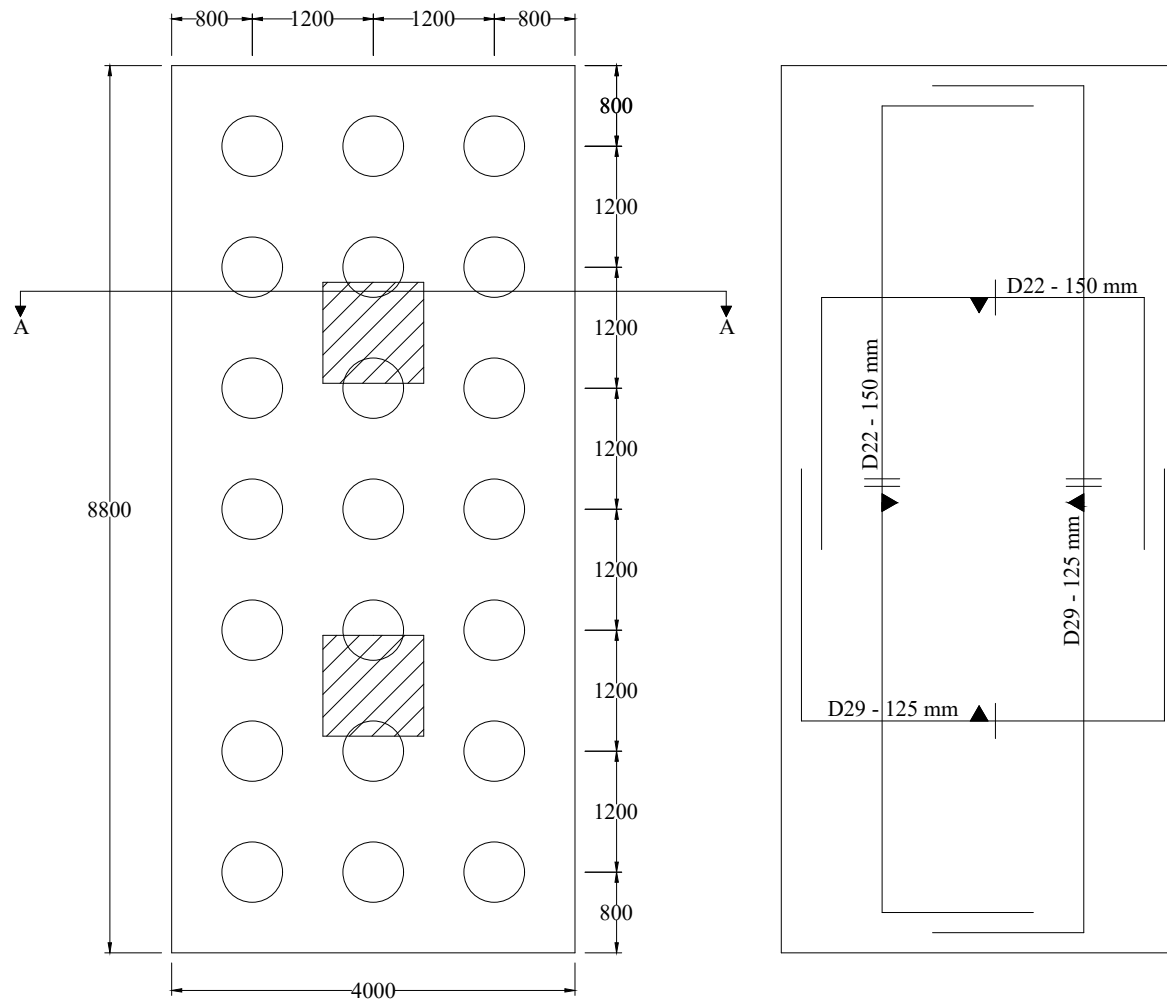
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL POER
TIPE 1

NO / TOTAL LEMBAR
39 / 44



POER TIPE 2
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

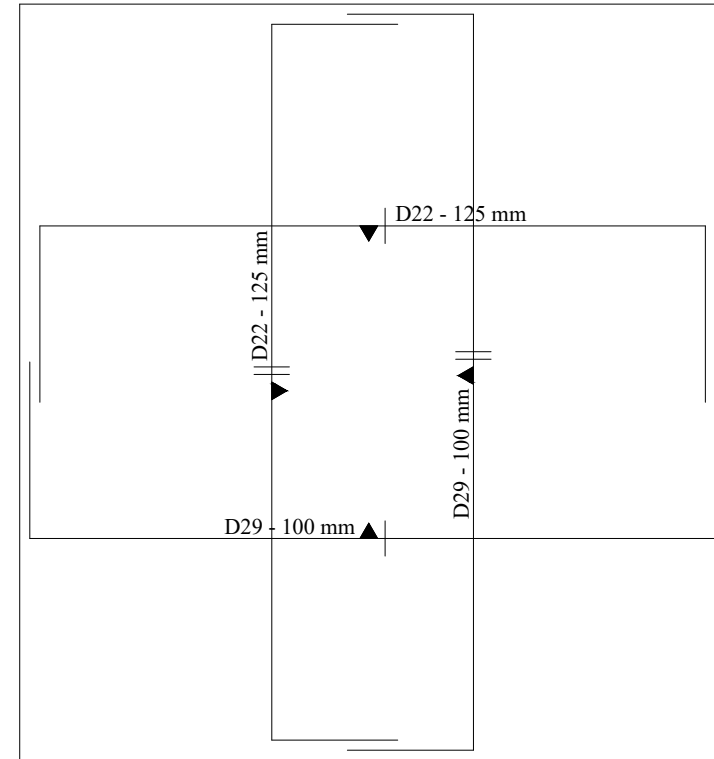
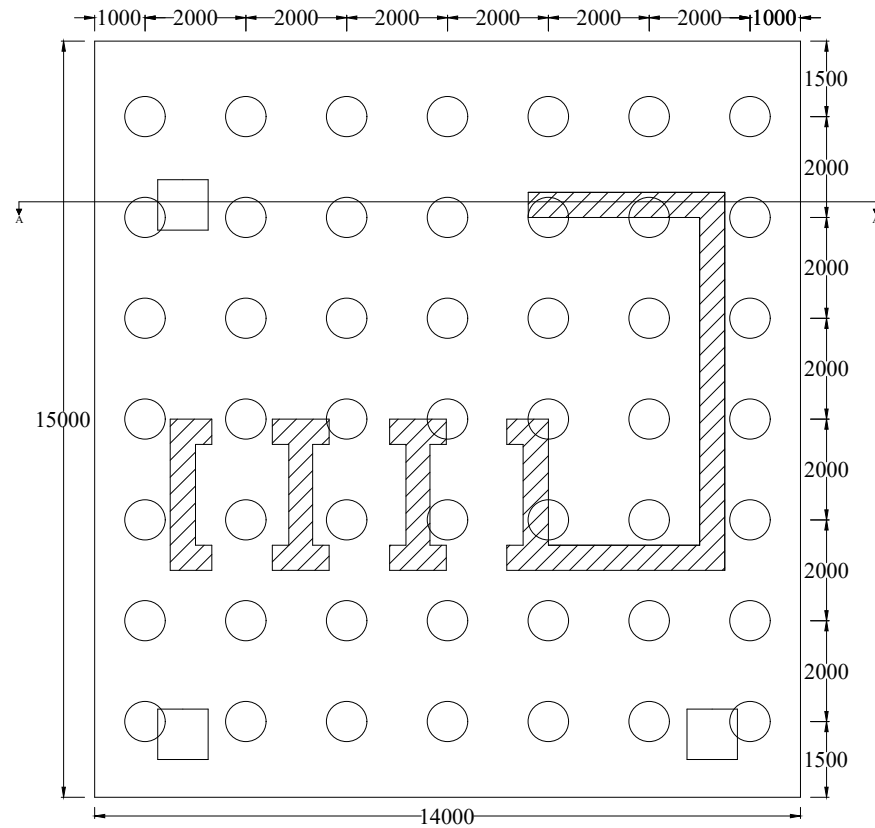
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL POER
TIPE 2

NO / TOTAL LEMBAR
40 / 44



POER TIPE 3
SKALA 1:150



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

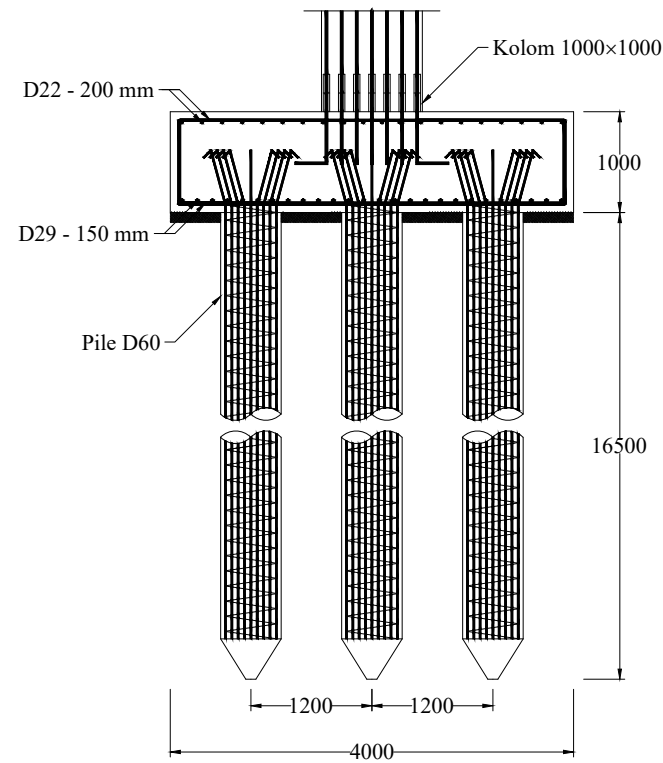
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
DETAIL POER
TIPE 3

NO / TOTAL LEMBAR
41 / 44



POTONGAN POER TIPE 1
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

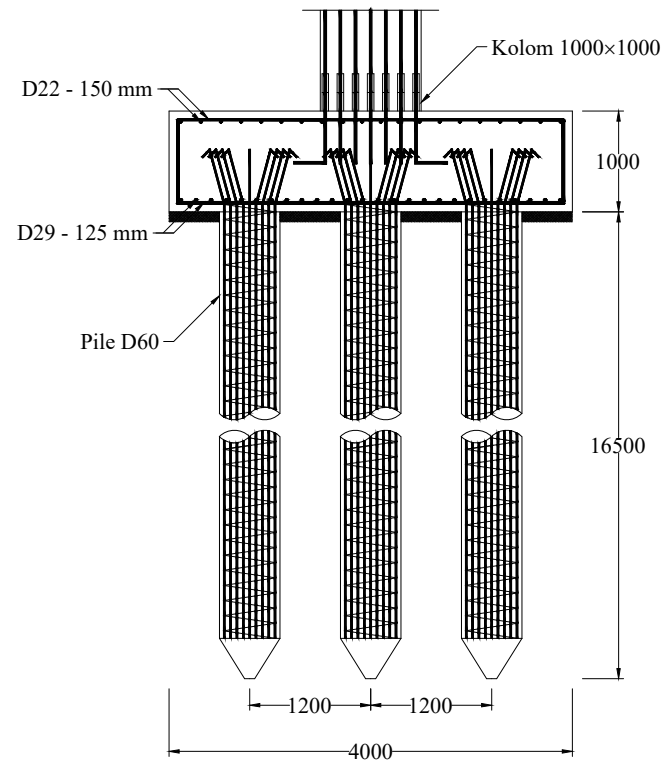
JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(03111540000057)

JUDUL GAMBAR
POTONGAN
POER TIPE 1

NO / TOTAL LEMBAR
42 / 44



POTONGAN POER TIPE 2
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA

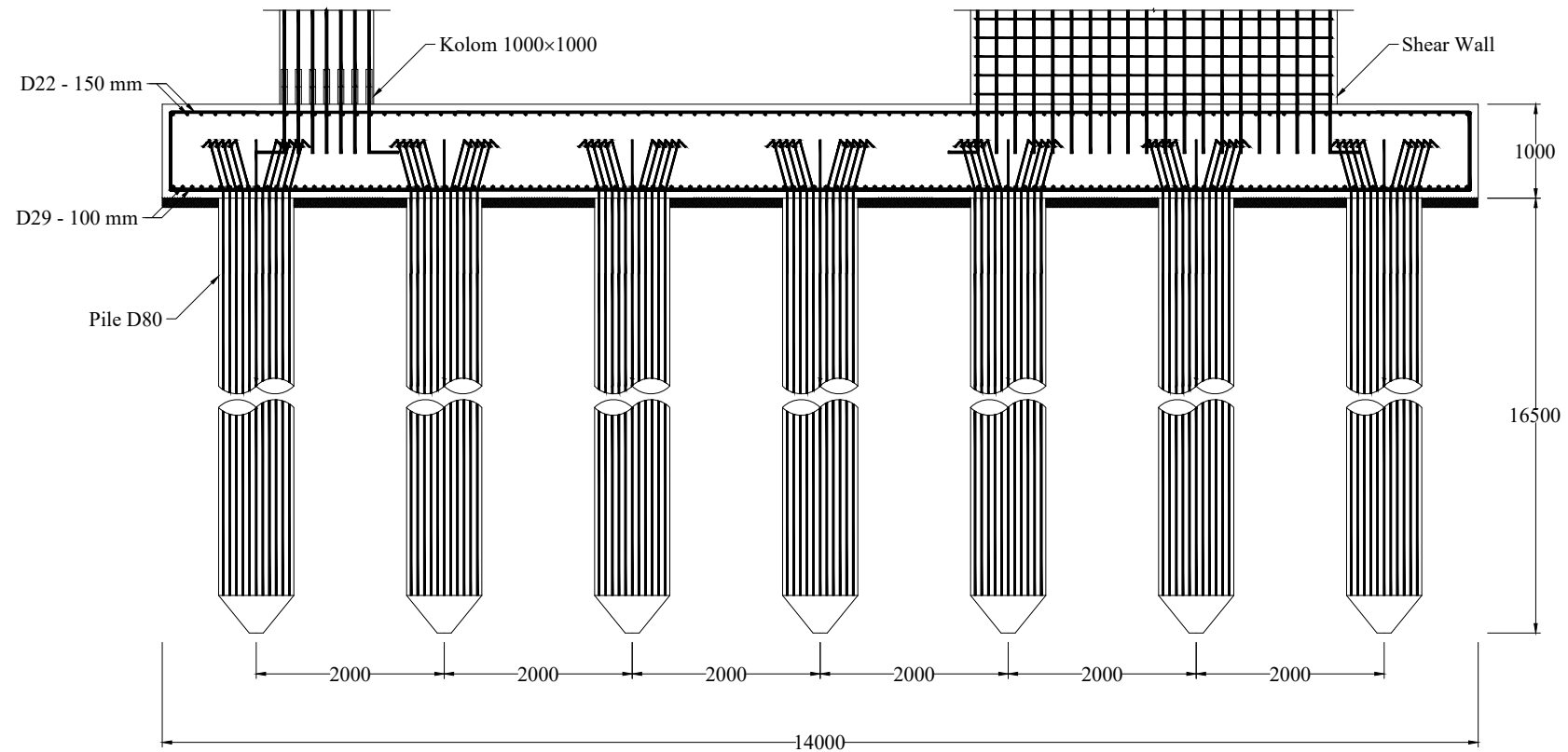
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
POER TIPE 2

NO / TOTAL LEMBAR

43 / 44



POTONGAN POER TIPE 3
SKALA 1:75



INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH NOPEMBER
FTSLK
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR
DESAIN MODIFIKASI GEDUNG APARTEMEN
TOWER 2 THE ARUNDAYA SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN METODE BETON PRACETAK
DAN *DUAL SYSTEM* SESUAI ACI 318M-14

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Ir. Djoko Irawan, M.S.

MAHASISWA
Vinson Intar Zakaria
(0311154000057)

JUDUL GAMBAR
POTONGAN
POER TIPE 3

NO / TOTAL LEMBAR
44 / 44

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Vinson Intar Zakaria dilahirkan di Surabaya, Jawa Timur pada tanggal 19 Februari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Petra 13, Sidoarjo, SMP Petra 3, Surabaya, dan SMA Petra 2, Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 melalui program SNMPTN 2015 dan terdaftar dengan nomor pokok (NRP) mahasiswa 03111540000057. Gelar sarjana teknik diperoleh penulis pada tahun 2019 dengan judul Tugas Akhir “Desain Modifikasi Gedung Apartemen Tower 2 The Arundaya Surabaya dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak dan *Dual System* Sesuai ACI 318M-14”.

Email: vinsonintar97@gmail.com

